

Die Donau-Regulirung am Eisernen Thore.

Vortrag,

gehalten im österr. Ingenieur- und Architekten-Verein am 31. Jänner 1880

von

Ingenieur **J. Deutsch.**

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 9, 10, 11 und 12.)

Aus der Mitte des Plenums ist der Wunsch laut geworden: es möge dem Vereine Aufklärung gegeben werden über die verschiedenen Vorschläge, welche die im Jahre 1873 vom gemeinsamen Ministerium eingesetzte Internationale Commission und die im Jahre 1879 von der ungarischen Regierung berufene Experten-Commission bezüglich der Regulirung der Donau am „Eisernen Thore“ gemacht haben; wenn ich nun heute über Ersuchen des geehrten Herrn Präsidenten diesem Wunsche gerecht zu werden mich bestreben will, so ersuche ich, mich vorderhand als Berichterstatter zu betrachten und mir diesen Charakter auch dann zu vindiciren, wenn im Laufe der Rede mir Worte entfallen, die mehr einer Kritik als einem Berichte ähnlich sein sollten.

Collectiv-Projekte wie sie aus den Verhandlungen solcher, oft nur während kurzer Zeit berathenden Commissionen hervorgehen, entwickeln sich mehr oder weniger aus dem Compromisse der gegentheiligen Anschauungen der Mitglieder, sie können daher, obgleich sie äusserlich als ein geschlossenes Ganze erscheinen, nicht immer als ein solches angesehen werden. Hie und da fehlen die Mittelglieder in der logischen Reihenfolge, welche, zum besseren Verständnisse des Gegenstandes, von der Berichterstattung eingefügt werden müssen; hierbei kommt es auf die richtige Beurtheilung des Berichterstatters allein nicht an, sondern vielmehr auf dessen eigenste Ueberzeugung, die in keinem Falle von dem sich bewussten Ingenieur verschwiegen werden soll, und in unseren Kreisen nicht verschwiegen werden darf. Aus diesem Grunde wird es, bei meiner heutigen Aufgabe, sehr schwer, die Kritik von der Berichterstattung ganz zu trennen, ich beabsichtige daher, um mich dennoch in den Grenzen der Unparteilichkeit halten zu können, vorerst die Principien aufzustellen, welche bei einer derartigen Regulirung massgebend sein müssen, und Sie können dann an der Hand derselben die in den Commissions-Berichten gemachten Vorschläge beurtheilen, und deren Zweckmässigkeit auf das richtige Maass zurückführen. Durch ein solches Vorgehen glaube ich Ihrem Urtheile am wenigsten vorzugreifen und Jeder von Ihnen kann nach eigenem Ermessen, ohne mein weiteres Hinzuthun, seine Ansichten feststellen.

Wenn wir zu diesem Behufe die geologischen, sowie die hydrologischen Verhältnisse dieser Stromstrecke in's Auge fassen und sie mit solchen vergleichen, unter denen der Strom, vermöge der lebendigen Kraft des fliessenden Wassers, seine Abfluss-Bedingungen auf natürlichem Wege selbst regeln kann, so gelangen wir zur Ueberzeugung, dass in der Strecke zwischen Moldova und Turn-Severin das Wasser seine Arbeit bisher nur unvollständig vollbracht hat, und dass heute keine genügenden Kräfte mehr vorhanden sind, um dieselbe ohne künstliche Nachhilfe zu voll-

enden. Denn aus den topographischen Aufnahmen, die uns vorliegen, müssen wir folgerichtig schliessen, dass in vorgeschichtlicher Zeit die Gewässer der Donau sich gegen das Karpatengebirge stauten, bis sie bei Moldova die Höhe der niedrigsten Einsattlungen desselben erreichten, um sodann, indem sie die Richtung derselben verfolgten, bei Turn-Severin, am östlichen Abhange, wieder als freier Wasserfall in das jetzige Donauthal zu gelangen.

Auf diesem fast 100^{km} langen Wege hat das Wasser theils durch Erosion und theils durch das Gewicht des freifallenden Wassers die Gebirgsmassen gelockert und zerstört, und endlich den Gebirgsstock bis auf die heutige Tiefe der Flusssohle durchbrochen. Obgleich nun die Erosion heute wie immer noch fortwirkt und ferner noch fortwirken wird, so fehlt dennoch zur vollständigen und besonders zur beschleunigten Ausbildung eines Normalprofils jener mächtige Wasserfall, welcher vordem durch den hohen Wasserstau erzeugt wurde, und welcher von den beiden hier wirksam gewesenen Kräften den grösseren Einfluss auf die Ausbildung des Flussbettes ausübte. Da es aber in unserer Absicht nicht gelegen sein kann, einen derartigen Stau zum Zwecke der Strom-Regulirung zu erzeugen, so fehlt, wie früher erwähnt, die zu dieser Arbeit nothwendige natürliche Kraft, und es steht demnach ohne Anwendung künstlicher Mittel wenigstens kein beschleunigter Erfolg zu erwarten.

Diese Theorie über Vorgänge längst verflossener Zeiten hätte für uns Ingenieure, die wir bei unseren Aufgaben bloss mit gegebenen Thatsachen zu rechnen haben, keine weitere Bedeutung, wenn nicht daraus auf den Umstand geschlossen werden müsste, dass nicht bloss die Tagwässer, sondern auch die Grundwässer des Donauthales auf diesem einzigen Wege ihren Abfluss finden müssen, ein Umstand, welcher von der grössten Bedeutung dadurch wird, weil daraus die Nothwendigkeit erhellt, dass es sich bei dieser Regulirung nicht allein um die Herstellung einer bequemen Fahrstrasse für den Schiffsverkehr handeln kann, sondern, wenn sie mit Rücksicht auf den volkswirtschaftlichen Werth eines solchen Verkehrsweges durchgeführt werden soll, auch darum, die ganze ungarische Ebene derart zu drainiren, dass es in Folge dessen möglich wird, im eigenen Lande genügende Frachtmengen für den in Aussicht gestellten vergrösserten Verkehr zu erzeugen.

Zur Beurtheilung der Wichtigkeit dieser landwirthschaftlichen Bedingung geben uns die hydrologischen Verhältnisse der Donau den besten Massstab. Diesbezüglich muss vor Allem darauf aufmerksam gemacht werden, dass alle tributären Nebenflüsse, mit Ausnahme des Pruth, ihr Wasser an die Donau bereits abgegeben haben, bevor diese Moldova erreicht. Von diesen Nebenflüssen werden jene, welche am rechten Ufer der Donau in dieselbe münden, von den Alpen, und jene des linken Ufers von den Karpaten und Sudeten gespeist. Die Sammelgebiete der ersteren sind ungleich grösser in ihrer Ausdehnung als die der letzteren, ihre Hochwässer sind die bedeutenderen und erscheinen gewöhnlich um 10 bis 14 Tage früher, als die aus den Karpaten kommenden, und wenn im Hochsommer die in den Alpen höher gelegenen Schneemassen zur Schmelze gelangen, dann erscheint ein drittes, wenn auch weniger

bedeutendes Hochwasser in der Donau. Alle diese Hochwässer finden bei Moldova ein verengtes Strombett und stauen sich in Folge dessen in demselben auf. Diese Stauwässer erleichtern zwar durch ihr successives Auftreten, indem sie die im Flussbette befindlichen Felsbänke in beträchtlicher Tiefe überrinnen, die Schifffahrt während der ersten Sommermonate, bewirken aber zu gleicher Zeit, weil die Grundwässer keinen anderen Abfluss als den durch das offene Flussbett finden, einen nachtheiligen Stau auf dieselben, dessen schädliche Wirkung sich gerade während der productiven Jahreszeit auf den ganzen östlichen Theil der ungarischen Ebene derart fühlbar macht, dass eine intensive Ausnützung dieses sonst fruchtbaren Landestheiles kaum möglich ist.

Verschwinden hingegen im Spätsommer die Stauwässer im Flusse, dann erscheinen die Felsbänke an der Oberfläche und die Schifffahrt wird gerade zu einer Zeit erschwert, in der sie für die Fortschaffung der Landesproducte das geeignetste Mittel wäre. Handelt es sich daher um die Regulirung dieser Stromstrecke, so muss in Folge dieser hydrologischen Verhältnisse einerseits im landwirthschaftlichen Interesse dafür gesorgt werden, den Grundwasserspiegel im Frühjahr, während der productiven Jahreszeit, zu senken, also eine Vorfluth für die Hochwasser zu schaffen. Andererseits aber müssen Vorkehrungen getroffen werden, um eine genügende Wassertiefe für den Schiffsverkehr während der im Spätsommer eintretenden wasserärmeren Monate zu erhalten. Diese Bedingungen ergänzen sich demnach und entspringen nicht bloß aus den Bedürfnissen der dortigen Gegend, sondern bilden das Postulat eines auf Landwirthschaft, Handel und Gewerbe gestützten Aufschwunges der ganzen Monarchie, sie sind darum Bedingungen volkwirthschaftlicher Natur und die Berücksichtigung derselben wird bei der Projectverfassung für die Regulirung am Eisernen Thore zu einer unabweisbaren Nothwendigkeit.

Wenn diese Anschauungen als die richtigen erkannt werden, dann haben wir nicht nur den Massstab gefunden, nach welchem wir die vorliegenden Regulirungs-Projecte beurtheilen können, sondern haben auch das Princip festgestellt, auf welches ein Project überhaupt basirt werden muss, wenn es den allgemeinen Interessen gerecht werden soll. Ob nun dieses oder ähnliche Principien bei dem Entwurfe der commissionellen Projecte massgebend waren oder nicht, konnte ich indess aus den Berichten nicht entnehmen, wenngleich einzelne Andeutungen in dem Berichte der Experten-Commission darauf hinweisen, dass diese Gesichtspunkte nicht unerörtert geblieben sind. Diese Commission hat nämlich die Senkung des Wasserspiegels am Eisernen Thore in Bezug auf dessen Rückwirkung auf die 160^{km} stromaufwärts befindliche Einmündung des Theissflusses in Betracht gezogen und ist dabei zu der übrigens ganz richtigen Ansicht gelangt, dass eine Senkung der Donau um mehrere Meter bei Moldova wohl eine Senkung der Theiss an der Einmündungsstelle herbeiführen würde, dass aber der Erfolg zu unbedeutend für die nothwendigen Baukosten ausfallen würde. Diesbezüglich kann ich indess die Anschauung dieser Commission insofern nicht theilen, als es sich, meiner unmassgeblichen Meinung nach, nicht bloß um die Senkung

des Theiss-Wasserspiegels an ihrer Einmündung, sondern um dessen Senkung in dem ganzen Laufe des Stromes handelt, wenn ein ausgiebiger Erfolg durch dessen Regulirung herbeigeführt werden soll. Eine solche allgemeine Senkung kann nur dann herbeigeführt werden, wenn die Grundwässer des ganzen Theissgebietes einen schnellen Abfluss finden und stets von Neuem durch das Tagwasser ersetzt werden. Hierdurch gelangt weniger Wasser in die Theiss und deren Wasserspiegel kann in Folge dessen nicht mehr jene Höhe erreichen, wie es bisher geschehen ist, und wenn auch durch diese Wechselwirkung nicht gerade jede Ueberschwemmungsgefahr der Theissgegend beseitigt wird, so ist doch durch eine bedeutende Senkung des Wasserspiegels am Eisernen Thore dem Theissflusse ungleich viel mehr Wasser entzogen, als je durch die Senkung seines Wasserspiegels an der Einmündungsstelle in die Donau bewerkstelliget werden könnte. Aus diesem Grunde erscheint es mir von grossem Vortheil, wenn bei Moldova der Donau-Wasserspiegel so tief als möglich gelegt wird. Ich will indess bei der Mangelhaftigkeit der topographischen Vorlagen diese Anschauung keineswegs als eine massgebende hinstellen, sondern mit der Erwähnung derselben bloß Ihre Aufmerksamkeit auf die Wichtigkeit dieses Gegenstandes gelenkt haben.

Unter allen Umständen aber bleibt es zu bedauern, dass Rücksichten von bloß ökonomischer Bedeutung es waren, welche die Commissionen bei ihren Arbeiten leiteten und ihren Gesichtskreis beengten, denn so sehr ich auch, wie Jeder von Ihnen, darauf bedacht bin, die Verschwendung bei technischen Bauten hintan zu halten, so bin ich doch der Meinung, dass die Regulirung des Eisernen Thores nicht nach den Baukosten, sondern nur nach ihrer Zweckmässigkeit und nach den Vortheilen zu beurtheilen ist, welche sie in volkwirthschaftlicher Beziehung dem Lande bringt. Als ein solches Unternehmen darf sie nicht bloß in dem Sinne der Eröffnung eines gewöhnlichen Verkehrsweges aufgefasst werden, sie hat eine viel tiefere Bedeutung, und steht auch das Unternehmen im internationalen Werthe nicht auf gleicher Höhe, wie z. B. der Suez-Canal, so ist es nichtsdesto weniger für unsere Monarchie von der grössten Tragweite und bedeutet nichts Anderes als die friedliche Besitzergreifung des Ostens und die Ausnützung seiner Ressourcen für unsere eigenen Zwecke.

Ich halte es daher mit Rücksicht auf diese kaum zu bezweifelnde Nothwendigkeit für nicht zulässig, wenn die Commissionen den abstracten Begriff Sparsamkeit mit den Grundsätzen der National-Oekonomie verwechseln und sich bloß darauf beschränken, dem Schiffsverkehre allein einige Erleichterung durch die Aussprengung einer engen Fahrrinne zu verschaffen.

Ich halte überdies auch die Zeit für gekommen, in welcher der Ingenieur nur dann auf eine vollständige Anerkennung rechnen kann, wenn er den einseitigen technischen Standpunkt verlässt und es sich angelegen sein lässt, seine Wissenschaft innigst mit jener der Volkswirthschaft zu verbinden, denn nur mit Hilfe beider kann er von der Position eines Hilfsarbeiters, als der er heute mehr oder weniger noch angesehen wird, sich zum Leiter der Industrie emporschwingen und als solcher kann er, wie

wir es in anderen Ländern miterlebt haben, unserem vorwiegend industriellen Zeitalter den Stempel seines Talentes und seiner Individualität ebensogut aufdrücken, wie es der Soldat und der Staatsmann in früherer Zeit gethan haben und heute noch thun.

Da es indess die ausgesprochene Absicht ist, sich heute bloß mit den Arbeiten der Commissionen bekannt zu machen, so wollen wir vorderhand dieses für unsere gesellschaftliche Stellung höchst wichtige Thema nicht weiter ausführen und die volkwirtschaftliche Seite dieser Regulierungs- und die Frage unberührt lassen und uns bloß mit dem technischen Theile des Projectes befassen. Hierbei kommt in erster Linie die Frage in Betracht zu ziehen: ob der gewählte Canal-Querschnitt von 60^m Breite und 2^m Tiefe als ein solcher zu betrachten ist, von welchem man unter allen Umständen einen gesicherten Verkehr erwarten kann?

Bezüglich dieser Frage besteht zwischen den beiden Commissionen eine Divergenz der Anschauungen bloß in Bezug auf die Tiefe der Canäle, welche nach der Ansicht der Experten-Commission 2^m betragen soll, während die internationale Commission, aus ökonomischen Rücksichten, eine solche von bloß 1.7^m als zulässig erachtet.

Unter der Voraussetzung, dass die kleinere Tiefe mit Rücksicht auf die Tauchung der jetzt auf der Donau verkehrenden Schiffe genügend erschien, darf angenommen werden, dass auch in Zukunft, selbst in dem Falle, als eine vermehrte Frachtmenge eine Vermehrung der Flotte und eine Vergrößerung der Schiffsdimensionen nach sich ziehen sollte, diese kleinere Tiefe nichtsdestoweniger schon darum ausreichen wird, weil die zukünftigen Schiffsdimensionen, im Hinblick auf die viel seichteren Stellen an anderen Orten der Donau, sich vortheilhafter ihrer Breite nach als in dem Tiefgange werden ausdehnen können, es läge also keine Nothwendigkeit vor, eine grössere, als die jetzt ausreichende Wassertiefe herzustellen. Es würde sich aber eben mit Rücksicht auf die grösseren Breiten der zukünftigen Schiffe empfehlen, dem Canale alsogleich eine angemessene Breite zu geben und hierdurch der Geschwindigkeit des Schiffes, welches im breiteren Wasserspiegel leichter als im engeren sich bewegt, weniger Widerstand entgegen zu setzen. Eine Verbreiterung des Canales erscheint auch noch um so wünschenswerther, als die Art und Weise der Verfrachtung in Convois, wie es auf der Donau üblich ist, mehr Raum zur sicheren Steuerung beansprucht, als wenn der Remorqueur seinen Weg einzeln zurückzulegen hätte. Es könnte demnach der Canal mit Rücksicht auf diese Verkehrs-Erleichterungen, bei der angenommenen Wassertiefe von 1.7^m, eine Breite von 70^m anstatt einer solchen von 60^m erhalten, ohne deshalb den projectirten Querschnitt zu vergrössern.

Es wird indess bei diesem Vorgehen immer noch von der Configuration der Flusssohle abhängen, ob ein solcher, in seinem Ausmasse gleich grosser Querschnitt auch um die gleiche Kostensumme hergestellt werden kann, wie jener, den die Commissionen in Aussicht genommen haben; allein die Bestimmung des richtigen Verhältnisses des Querschnittes ist weniger eine Frage von ökonomischer Bedeutung, als vielmehr eine solche, welche nur mit Rücksicht auf eine leichtere und constantere Schiffbarkeit gelöst werden soll,

diese bedingt aber nicht nur einen bequemeren Fahrweg, sondern auch eine zuverlässige und constante Wassertiefe, welche bei den abnormen Gefällsverhältnissen, wie sie in der ganzen Strecke vorwalten, jedenfalls bei einer kleineren Wassertiefe leichter herzustellen und zu erhalten sein wird. Unter allen Umständen aber bleibt, in Bezug auf die gefahrlose Navigation, die Wahl der Richtung der Canal-Trace selbst, und ihre Einfügung in das Flussbett von wesentlicher Bedeutung; denn ist die Richtung eine verfehlte und nicht in Harmonie mit der sonstigen hydrographischen Beschaffenheit des Flussbettes, dann wird nicht nur die Navigation erschwert, sondern auch die genügende Alimentirung des Canales wird trotz der ausreichenden Abflussmengen im Flusse selbst in Frage gestellt werden.

Wenn wir uns mit diesen Bemerkungen über die Breite und Tiefe der Canäle klar geworden sind, so bleibt noch die Bestimmung der relativen Höhenlage der Canalsohle selbst zu erörtern übrig, welche vielleicht mehr als alles Andere den Erfolg der ganzen Regulirung beeinflusst. Denn wenn wir bisher von einer Wassertiefe gesprochen haben, so haben wir darunter stets jene Minimaltiefe verstanden, welche im Canale nach der Beendigung der Regulirung bei Niederwasser vorhanden sein soll, und ob wir uns nun entschlossen haben, diese Minimaltiefe auf 2^m oder nur auf 1.7^m herzustellen, so wird es nothwendig sein, vorerst die Tiefe selbst zu bestimmen, in welcher die Canalsohle gelegt werden muss, um von dort aus die Wassertiefen bestimmen zu können.

Die Minimaltiefe des Canales wird selbstverständlich von der allerzeit vorhandenen Wassermenge und von dem Gefälle abhängen, welches man dem Canale zu geben beabsichtigt, um dessen Schiffbarkeit constant zu erhalten. Diesbezüglich sind die vorliegenden Pläne ausreichend, die Absichten der Commissionen zu erkennen, aber in Bezug auf die relative Tiefenlage der Canalsohle, gegenüber einem gegebenen Fixpuncte ist weiter kein Aufschluss zu finden, als die Angabe: dass sie vom Niederwasserstande in einer Tiefe von 2^m oder 1.7^m zu liegen kömmt, ob aber der jetzt gestaute oder der nach Vollendung der Canäle erwartete Niederwasserstand damit gemeint wird, ist nicht klar; und doch kann es in Bezug auf den zu erwartenden Erfolg und auf die Quantitäten, welche in Folge dessen zur Sprengung gelangen werden, nicht einerlei sein, welcher von beiden Wasserständen darunter verstanden werden soll. Diese Unklarheit benimmt uns die Möglichkeit, ein richtiges Urtheil über die vorgelegten Projecte zu fällen und zwingt uns zu der Conjectur: dass entweder der erwartete Erfolg nicht eintreten wird, oder dass der Kostenüberschlag zu niedrig gegriffen ist; denn wird die zukünftige Canaltiefe nach dem jetzt gestauten Wasserspiegel angelegt, so wird der Wasserstand im ausgesprengten Canale um so viel kleiner ausfallen, als der vorhandene Stau beträgt, soll sie aber von dem zukünftigen Wasserstande aus gemessen werden, dann werden die berechneten Sprengmassen quantitativ grösser und in Folge dessen die Kosten um bedeutende Summen höher angesetzt werden müssen.

Wir haben sonach die drei wichtigsten Bestimmungen der Projecte, nämlich die Breite und Tiefe und die Höhen-

lage des Canales unseren Betrachtungen unterzogen und gefunden: dass die Commissionen in ihren Berichten entweder gar keine sachlichen Anhaltspunkte für die von ihnen vorgeschlagenen Massnahmen oder nur solche Motive angeführt haben, welche zu keiner Vereinigung zwischen ihnen geführt haben. Die divergirenden Anschauungen der Commissionen, auf die wir bisher und in Bezug auf andere höchst wichtige Momente auch noch ferner hinweisen werden, sind ein Beweis dafür, dass die vorliegenden Projecte keineswegs in dem Stadium der Vollendung sich befinden, und dass sie noch reiflicher Erwägungen bedürfen, bevor man zur definitiven Ausführung derselben schreiten kann.

I. Stenka.

Wenn wir im Verfolg unseres heutigen Vorhabens fortfahren und der Reihenfolge nach auf die einzelnen Katarakte unser Augenmerk lenken, so treffen wir, 21^{km} unterhalb Moldova, zuerst die Stromschnelle Stenka, deren Charakteristik aus der angefügten Tabelle entnommen werden kann*).

Als Navigations-Hinderniss ist diese aus feinkörnigem Granit bestehende Felsbank von keiner grossen Bedeutung, und auch die Geschwindigkeit des Wassers wird von den Commissionen als keine so ausserordentlich grosse erkannt, als dass zu deren Mässigung besondere Vorkehrungen getroffen werden müssten. Es wird deshalb bloss vorgeschlagen, einzelne Riffe im Stromstriche auszusprengen und auf diese Weise den Fahrweg auf 60^m Breite und 2^m eventuell 1-7^m Tiefe herzustellen. Das einzig Bemerkenswerthe in den Commissions-Berichten besteht nur darin, dass diese Stromschnelle die einzige ist, an welcher beide Commissionen über die anzuwendende Regulirungs-Methode übereinstimmen, von hier ab divergiren ihre Anschauungen und ihre Vorschläge erhalten nach Massgabe dieser Divergenz einen oft entgegengesetzten Charakter.

II. Kozla-Dojke.

Schon bei dieser 37^{km} unterhalb Moldova gelegenen Stromschnelle äussert sich die Differenz in den Anschauungen, in dem höheren Betrage der Baukosten.

Die internationale Commission, welche durchwegs von ökonomischen Rücksichten geleitet wird, folgt mit ihrer Canal-Trace den tiefsten Stellen der Felsbank und erhält

*) In Bezug auf diese Tabelle will ich bemerken, dass die darin enthaltenen Zahlen aus dem Texte der Comité-Berichte entnommen sind, welche, nebenbei bemerkt, nicht ganz mit jenen der vorliegenden Pläne übereinstimmen.

Vergleicht man bei dieser Gelegenheit die Entfernung der einzelnen Katarakte von Moldova und behält dabei ihre räumliche Ausdehnung und ihre Gefällsverhältnisse im Auge, so ergibt sich daraus die Wahrnehmung: dass, je weiter stromabwärts von Moldova sich die selben befinden, desto grösser werden ihre respectiven Ausdehnungen und desto ungünstiger ihre Gefällsverhältnisse. Dieser Umstand kann als Beweis dafür gelten, dass eine Kraft bei Moldova thätig gewesen sein musste, die in der Richtung des Stromlaufes immer schwächer und schwächer wurde und am unteren Ende der hier in Betracht stehenden Strecke, also am Eisernen Thore, kaum mehr mit der ursprünglichen Gewalt auf dessen Zerstörung hinwirken konnte. Diese Kraft konnte keine andere, als die des früher erwähnten hydrostatischen Druckes gewesen sein, welcher an der Durchbruchstelle bei Moldova, unmittelbar nach dem Durchbruche des im Donaubecken gestauten Wassers, in Thätigkeit trat und im Laufe der Zeit mit den Wasserfällen verschwunden ist.

hierdurch das Minimum der Sprengarbeiten, aber zu gleicher Zeit auch den Nachtheil einer doppelt gekrümmten Curve, gegen welche die Experten-Commission die nicht ganz unberechtigte Einwendung erhebt: dass einerseits eine solche Curve durch Ankerbojen dem Steuermanne nicht leicht sichtbar gemacht werden kann und anderseits, dass wenn bei höherem Wasserstande der Stromstrich die Richtung der Canal-Trace nicht einhält, was nach der Form des Flussbettes vorausgesetzt werden kann, so entstände eine Strömung, welche die Trace kreuzen und dadurch die im Canale sich bewegenden Schiffe an die der Strömung entgegengesetzte Wand desselben drücken und in Folge dessen Havarien herbeiführen könnte. Sie projectirt daher eine geradgestreckte Canal-Trace längs dem linken Ufer, obgleich deren Aussprengung voraussichtlich mehr Kosten verursachen wird.

Es lässt sich nicht leugnen, dass die Motive der Experten-Commission es verdienen, einer eingehenden Prüfung schon darum unterzogen zu werden, weil trotz der Regulirung noch immer eine sehr beträchtliche Geschwindigkeit im Canale existiren wird, und wenn die neuerdings einzuleitenden Untersuchungen die Voraussetzungen der Commission bestätigen, dann müsste man im Interesse der Sicherheit sich ihren Ansichten anschliessen und die von ihr vorgeschlagene Trace, ohne Rücksichten auf Mehrkosten, als die vortheilhaftere erkennen.

III. Izlas, Tachtalla und Greben.

Auf dieser 7^{km} langen Strecke, welche bei Greben durch eine Stromenge in zwei Theile getheilt wird*), folgen sich die Katarakte in kurzen Distanzen und erschweren nicht nur beim Niederwasserstande durch Untiefen und den in ihrer Begleitung auftretenden starken Strömungen die Schifffahrt, sondern auch die Verengung des Flussbettes bei Greben verursacht bei Hochwasser, welches hier eine Höhe von 7^m erreicht, einen beträchtlichen Stau, welcher unmittelbar unterhalb im erweiterten Strombette eine derart starke Strömung erzeugt, dass trotz der überaus genügenden Wassertiefe der Schiffverkehr zeitweilig gehemmt wird. Es handelt sich demnach bei der Regulirung dieser Strecke nicht mehr bloss darum, eine ausreichende Wassertiefe bei Niederwasser zu schaffen, sondern auch um Vorkehrungen, welche die Rapidität der Strömung bei Hochwasser in einem gewissen Grade ermässigen.

Die internationale Commission hatte daher ursprünglich die Absicht, das Strombett unterhalb Greben durch

*) Diese Stromenge mit ihrem verschobenen Querprofile scheint, vermöge der veränderten Richtung, welche der Stromlauf bei seinem Durchbruche zu nehmen gezwungen war, die Ursache für die veränderte Richtung des ganzen Flusses, von Osten gegen Norden, gewesen zu sein. Aus diesem Umstande lässt sich auch der Schluss ziehen, dass an dieser Stelle der höchste Punkt des ganzen Gebirgstockes sich befindet, und dass eigentlich in vorgeschichtlicher Zeit hier der erste und bei Turn-Severin der zweite Wasserfall in Wirksamkeit war.

Die Configuration der Flussufer lässt gleichfalls voraussetzen, dass hier eine Wirbelbewegung des Wassers es war, welche, durch ihre Gleichmässigkeit, der Flusssohle eine fast horizontale Lage gab, die in bautechnischer Beziehung Vortheile gewährt, gleichviel welche Regulirungsmethode in Anwendung gebracht wird.

ein Parallelwerk auf 500^m Breite einzuengen. Der Stau, welchen dieses Parallelwerk bei Niederwasser erzeugen sollte, hätte bei Profil 24 die Höhe von 1.205^m erreicht und die ganze Wassertiefe circa 2^m betragen. Von hier flussabwärts würde die Stauhöhe sich vermindern und bei Milanovac den natürlichen Wasserspiegel treffen, während stromaufwärts der Einfluss des Staues noch bis Profil 56 bemerkt worden wäre. Allein die Baukosten des Dammes, welche sich auf 3,700.000 Francs belaufen hätten, schienen der Commission zu bedeutend im Verhältniss zu den Vortheilen, die er in nautischer Beziehung geboten hätte, sie versuchte es daher mit einem Parallelwerke längs dem linken Ufer, welches die Flussbreite auf bloss 350^m einengen sollte und welches bei Hochwasser überronnen worden wäre.

Der hierdurch bei Niederwasser erzeugte Stau hätte bei Profil 24 die Höhe von 1.895^m, die Wassertiefe 2.595^m betragen und der Wasserspiegel wäre in derselben Weise betragen und der Wasserspiegel wäre in derselben Weise wie früher nach oben und unten hin verlaufen. Durch einen solchen Stau des Wassers wäre auf dem grössten Theile der Strecke eine ausreichende Tiefe erzeugt worden und auf der restlichen Länge wären die zu diesem Behufe und auf der restlichen Länge wären die zu diesem Behufe nothwendigen Sprengungen auf ein Minimum reducirt worden, allein auch die Kosten dieses Dammes, im Betrage von bloss 2.500.000 Francs, schienen der Commission ebenfalls zu hoch, sie entschloss sich daher, die Aussprengung eines Canales am linken Ufer, wie es bei den vorhergehenden Stromschnellen geschah, in Vorschlag zu bringen.

Dieser Canal sollte im Ganzen 2478^m lang sein und eine Wassertiefe von 2^m respective 1.7^m haben, auch sollte er an seinem oberen Ende auf eine Distanz von 1300^m durch einen Hochwasserdamm vom Donaubette getrennt werden, damit das überaus grosse Gefälle des Hochwassers sich auf die Länge besser vertheile.

Für die Strecke oberhalb Greben projectirt die Commission einen gleichartigen Canal am linken Ufer, von 1786^m Länge mit einem Totalgefälle von 2.34^m, welcher aus ähnlichen Gründen ebenfalls durch einen Hochwasserdamm von dem eigentlichen Flussbette zu trennen wäre.

Diesen Projecten gegenüber behauptet die Experten-Commission in Bezug auf den Canal unterhalb Greben, dass bei Niederwasser wohl genügend Wasser in den Canal eintreten wird, um die nothwendige Wassertiefe herzustellen, eintreten wird, um die nothwendige Wassertiefe herzustellen, dass es aber sehr zweifelhaft sei, dass das Gefälle bei Hochwasser sich auf die Länge des Canales derart vertheilen werde, wie die internationale Commission es voraussetzte, denn die obere Ausmündung desselben sei im Vergleiche zu der mittleren Breite zwischen dem Hochwasserdamme und dem linken Flussufer sehr enge und es stehe zu befürchten, dass hier im Kleinen ganz dieselben Vorkommnisse eintreten werden, wie bei der Stromenge von Greben selbst, unterhalb welcher ebenfalls eine überaus grosse Verbreiterung des Flussbettes bestehe; es wird daher ebensowenig wie es jetzt der Fall ist, ein Ausgleich des Gefalles in der Länge des Canales eintreten können, sondern dasselbe wird sich am Eingange des Canales in gleicher Weise, wie es jetzt bei Greben der Fall ist, concentriren und die Schiffbarkeit insofern, gegenüber den obwaltenden Verhältnissen, verschlimmern, als der Verkehr, nach der Regulirung, in

einem engen Canale stattfinden muss, wo die Bewegung des Schiffes ohnedies ungleich schwieriger als im offenen Flussbette ist.

In Betreff des Canales zwischen Izlas und Greben glaubt die Experten-Commission, dass ein Ausgleich des Gefalles, obgleich dasselbe im besten Falle noch immer ein zu grosses sein wird, darum nicht eintreten wird, weil die Querschnitte des Canales ungleich gross sind, folglich auch die Geschwindigkeiten zu ungleichförmig sein werden. Zwischen den Profilen 2 und 6 sind nämlich, selbst bei Niederwasser, Tiefen bis zu 12^m vorhanden, während von Profil 7 bis 12 die künstlich hergestellte von bloss 2^m vorhanden sein wird; bei der gleichen Zuflussmenge wird daher die Geschwindigkeit am Eingange des Canales, wo die grossen Wassertiefen sich vorfinden, sehr gering gegenüber jener sein, welche am unteren Ende des Canales in Folge des künstlichen Gefalles zu erwarten steht, es wird demnach der Uebergang der kleineren Geschwindigkeit in die andere, und zwar grössere, nur zwischen Profil 6 und 7 stattfinden und folglich ein Gefällsbruch entstehen, ein Umstand, aus dem der Schluss gezogen werden muss, dass wenn überhaupt eine gleichmässige Vertheilung des Gefalles stattfinden wird, dieses nicht in der ganzen Länge des Canales, sondern nur in dem unteren Theile desselben zwischen Profil 7 und 12 geschehen könnte, hieraus folgt, dass das relative Gefälle und in Folge dessen auch die Geschwindigkeit des Wassers noch grösser sein wird, als jene, welche die internationale Commission berechnete. Es würde daher dem Schiffsverkehre eine Erleichterung selbst dann nicht verschafft werden, wenn die angenommene Wassertiefe auch wirklich erzeugt werden könnte, was aber nach der Ansicht der Experten-Commission nicht eintreten kann, weil eine ausreichende Alimentirung des Canales bei Niederwasser in Folge seiner grossen Entfernung vom Stromstriche, welcher sich überdies mehr gegen das rechte Ufer wendet, nicht zu erwarten steht.

Auch die Hochwässer würden sich, gerade so wie bei dem Canale unterhalb Greben, bei der oberen Ausmündung stauen und trotz des Hochwasserdammes eine Concentration des Gefalles zur Folge haben, und da es ausserdem den Schiffen bei der Thalfahrt schwer würde, die Einfahrt in den Canal zu bewerkstelligen, so betrachtet die Experten-Commission die Anlage dieses Canales ebenfalls für eine verfehlte und findet überdies die Herstellung des Hochwasserdammes als gänzlich überflüssig.

Aus diesen Gründen sah sich die Experten-Commission veranlasst, auf die ursprüngliche Idee der internationalen Commission zurückzugreifen und eine auf 400^m breite Einengung des Flussbettes unterhalb Greben mit einzelnen Modificationen in Vorschlag zu bringen. Das hierbei zur Ausführung beantragte Parallelwerk sollte eine Länge von 6600^m haben und bei Hochwasser überfluthet werden. Die Krone des Dammes sollte den zukünftigen Stauwasserspiegel um 2^m überragen und nur der untere Theil seiner Länge, welcher sich entgegen dem Projecte der internationalen Commission bei Milanovac an das rechte Ufer anschliessen müsste, würde höher gehalten werden, um den unmittelbaren Abfluss des Hochwassers aus dem vom rechten Ufer begrenzten

Flussbette so lange zu verhindern, bis ein vollkommener Ausgleich des Wasserspiegels auf beiden Seiten des Parallelwerkes stattgefunden hat und auf diese Weise die für die Schifffahrt gefährliche Ueberströmung des Parallelwerkes hintanzuhalten. Es soll demnach die Dammkrone von Greben angefangen auf eine Länge von 4000^m das Stauwasser um 2^m überragen und von diesem Punkte angefangen bis zu seinem Anschlusse bei Milanovacz auf 3^m Höhe über den Stauwasserspiegel anzulaufen haben.

Durch die Anlage eines solchen Parallelwerkes wird nach Ansicht der Commission, wenn auch nicht jede Felsprengung vermieden, so doch die Quantität derselben vermindert, in jedem Falle aber würden die vorhandenen grossen Geschwindigkeiten bei Izlas, Tachtalia und Greben im hohen Maasse gemässigt und hierdurch der Schifffahrt bei Hochwasser eine beträchtliche Erleichterung verschafft, sowie bei Niederwasser eine gesicherte Wassertiefe hergestellt werden.

Wir stehen sonach vor zwei in ihren Grundsätzen gänzlich verschiedenen Projecten. Die internationale Commission ist bestrebt, durch Aussprengung der Flusssohle, also durch Senkung des jetzigen Wasserspiegels, die nöthige Wassertiefe herzustellen, während die Experten-Commission den gleichen Zweck durch Stau, folglich mittelst Hebung desselben zu erreichen sucht. Vergleicht man nun diese entgegengesetzten Regulirungs-Methoden von dem Gesichtspunkte aus, von dem beide Commissionen ausgehen, d. h. von dem Standpunkte, welcher eine Regulirung bloss mit Rücksicht auf eine bessere Schiffbarkeit allein durchgeführt wissen will, ohne auch zu gleicher Zeit eine Senkung des Wasserspiegels in dem Sinne herbeizuführen, wie wir sie eingangs als erwünscht und im volkswirtschaftlichen Sinne als nothwendig erachteten, so muss von vornherein zugestanden werden, dass die Bedenken, welche die Experten-Commission gegen die auszusprenghenden Canäle erhoben habe, in hydrotechnischer Beziehung nicht unbegründet erscheinen und dass diese Bedenken, in dem Falle, als man sich aus ökonomischen oder anderen Rücksichten dennoch für die Canal-Anlagen entscheiden sollte, die eingehendste Berücksichtigung schon darum verdienen, weil es fraglich ist, ob ein Ausgleich des Gefälles, wenn er im günstigsten Falle eintreten sollte, ausreicht, um die Geschwindigkeit des Wassers derart zu mässigen, dass die Bergfahrt einen Vortheil gegenüber den obwaltenden Verhältnissen daraus zu ziehen im Stande sein wird, und weil es zweitens sogar zweifelhaft erscheint, dass die Alimentirung der Canäle auch eine genügende für die gewünschte Wassertiefe sein wird. Die erstere Bedingung würde durch ein gemässigt und gleichmässiges Gefälle der Canalsohle wohl erzielt werden, während der Vorwurf der unsicheren Alimentirung durch eine bessere Wahl der Canal-Trace beseitigt werden kann, wobei jedoch ausserdem Vorkehrungen getroffen werden müssten, welche im Stande sind, die Abflussmengen des Flusses in genügender Quantität dem Canale zuzuführen.

Aber auch die von der Experten-Commission bevorzugte Regulirungs-Methode, den Strom durch Parallelwerke einengen zu wollen, um hierdurch die nöthige Wassertiefe zu erhalten, verspricht bloss einen zweifelhaften Erfolg, denn

die internationale Commission, welche die diesbezüglichen Berechnungen ursprünglich durchführte, geht hierbei von Voraussetzungen aus, die vom Standpunkte der hydrotechnischen Wissenschaft als nicht in derselben begründet hingestellt werden müssen und in Folge dessen die gefundenen Rechnungs-Resultate nicht als solche angesehen werden können, welche die Stromverhältnisse klar legen, wie sie nach der Regulirung voraussichtlich eintreten werden.

Wohl ist es richtig, wenn die Commission behauptet, dass die Anwendung eines irrthümlich gewählten Corrections-Coefficienten keinen Einfluss auf die relative Höhenlage der einzelnen Stauhöhen ausüben kann, aber unzulässig ist es zu erwarten, dass der aus solchen Annahmen berechnete Stau jene absolute Höhe erreichen wird, welche von der Commission durch Rechnung gefunden wurde. Auch die Experten-Commission scheint diese Anschauung zu theilen und erwartet deshalb bloss die halben Stauhöhen von denjenigen, welche die internationale Commission auf Grund ihrer Berechnung erwartete.

Ist nun schon ein berechtigter Zweifel in dem Erfolge längs dem Parallelwerke unterhalb Greben zulässig, um wie viel mehr muss dieses oberhalb dieser Strommenge der Fall sein, wo die Rückwirkung des Staues, wegen der unregelmässigen Form des Flussbettes, sich jeder Berechnung entzieht, und daher die internationale Commission sich bloss mit einem aus der Empirie abgeleiteten Erfahrungssatze begnügen musste, wobei sie jedoch den Umstand ausser Auge gelassen hatte, dass der Fluss sich oberhalb Greben unverhältnissmässig verbreitert, die Rückwirkung des Staues daher nicht in der gleichen Weise, wie bei Flüssen mit annähernd parallelen Ufern, sich bestimmen lässt.

Es wird daher, ganz abgesehen davon, dass die berechneten Stauhöhen gar nicht auftreten können, auch der wirklich eintretende Stau nicht so weit stromaufwärts reichen, als die Commission voraussetzte, daher auch gar keinen günstigen Einfluss auf die jetzigen Wassertiefen bei Tachtalia und noch weniger auf die bei der höher gelegenen Felsbank Izlas ausüben können. Daraus ist zu entnehmen, dass trotz der Anlage des Parallelwerkes die nöthige Wassertiefe ohne Sprengung nicht erzielt werden kann, und dass wohl aus diesem Grunde schon die internationale Commission gut daran gethan hat, die Anlage des Parallelwerkes zu verwerfen und auf die vollständige Aussprengung der bezeichneten Canäle einzurathen. Da aber die Experten-Commission gerechtfertigte Bedenken gegen die ausreichende Wirksamkeit dieser Canäle vorbrachte, so stehen wir eigentlich vor zwei mangelhaften Regulirungs-Methoden, die eine befriedigende Lösung der Frage nur dann erwarten lassen, wenn sie nach eingehendem Studium zweckentsprechender gewählt werden.

IV. Jucz.

Auf Grund von Informationen, welche die internationale Commission von Schiffs-Capitänen erfragte, glaubt dieselbe annehmen zu können, dass die, in der Tabelle angeführten, so ungünstigen Gefällsverhältnisse bloss an den Ufern, nicht aber in der Stromrinne selbst vorhanden seien, und da überdies bei steigendem Wasser ein Stau durch

die unterhalb sich befindende Kasanschlucht erzeugt wird, welcher seinen Einfluss bis nach Jucz herauf in der Weise ausübt, dass bei Hochwasser die Gefällsverhältnisse günstiger als bei Niederwasser werden, so hält die Commission es ausreichend, auch an dieser Stelle einen Canal von gleichen Dimensionen wie die früheren vorzuschlagen.

Die Experten-Commission hingegen bezweifelt die Möglichkeit eines Ausgleiches im Gefälle bei der so grossen Verschiedenheit desselben und erwartet vielmehr aus diesem Umstande einen Gefällsbruch mit allen seinen misslichen Folgen bei Profil 7. Unter allen Umständen aber hält sie selbst einen Ausgleich im Gefälle für nicht ausreichend, um die vorhandene Geschwindigkeit des Wassers zu mässigen und schlägt zu diesem Behufe eine Einengung des Flussbettes vor, welche sich auf eine Länge von 4000^m unterhalb Jucz zu erstrecken hätte, bei welchem es jedoch nicht ausgeschlossen bleibt, dass die Flusssohle dennoch auf 1^m Tiefe auszusprengen sein wird.

Wir finden demnach auch bei dieser Stromschnelle die Regulirungs-Methode ebenso unentschieden, wie bei den früher genannten und sind nach den Zweifeln, welche die Commissionen selbst aussprechen, kaum in der Lage uns ein feststehendes Urtheil zu bilden.

V. Eisernes Thor.

Die hydrographischen Verhältnisse am Eisernen Thore sind, wenn auch nicht in dem gleichen Maasse wie bei Jucz, dennoch sehr schwierig und derart verwickelt, dass es für den Ingenieur der grössten Aufmerksamkeit bedarf, um in seinen Entschliessungen nicht auf Irrwege zu gerathen. Der Felsen durchkreuzt hier das Strombett in seiner ganzen Breite, nicht allein in einer soliden Masse, sondern auch in der Form von Riffen, zwischen welchen sich die Gewässer mit der grösstmöglichen Ungleichförmigkeit durchdrängen, so dass eine ganze Gruppe von Katarakten entsteht, die kaum eine Wassertiefe von 30 bis 40^{cm} besitzen, während die Zwischenstrecken das hundertfache dieser Tiefe aufweisen. Stau- und Stromschnelle wechseln in allen Variationen mit einander ab, und selbst bei Niederwasser sind die Geschwindigkeiten derart gross, dass es dem Remorqueur nur mit dem grössten Aufwande von Kraft gelingt, ein Schleppschiff darüber hinweg zu bringen, während er mit der gleichen Anstrengung an anderen Stellen die zehnfache Zahl voll beladener Schleppe gegen die Strömung bewegt. Thatsächlich handelt es sich am Eisernen Thore weniger darum, einen freien Fahrweg zu schaffen, als vielmehr darum, die zu grosse Strömung zu mässigen.

Die grosse Gefällsdifferenz concentrirt sich bloss auf eine kurze Strecke und auch auf dieser, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, in sehr unregelmässiger Weise, dabei sind die Wassertiefen unterhalb, vergleichsweise, so enorm, dass schon aus bautechnischen Rücksichten an die Erzeugung eines Staues durch Parallelwerke, wie sie unterhalb Greben und Jucz in Vorschlag gebracht wurden, auch dann nicht gedacht werden kann, wenn man auf die Wirksamkeit derselben mehr Vertrauen setzen würde, als die Commissionen selbst an den Tag legen.

Die internationale Commission ist daher bestrebt, da ihr der Raum am linken Ufer zu beengt erscheint, das Gefälle in einem am rechten Ufer auszusprengenden Canale auszugleichen. Die Sprengungen sollen aus ökonomischen Rücksichten unter dem Schutze von Fangdämmen im Trockenen stattfinden und das so gewonnene Materiale zu den an beiden Seiten des Canales auszuführenden Hochwasserdämmen verwendet werden.

Von dem oberen Ende des Canales bis zu Profil 12 ist das Gefälle desselben sehr gering, von diesem bis zu Profil 31, auf eine Distanz von 1268^m, beträgt dasselbe 2·851^m und von da bis zum Ende des Canales, auf eine Länge von 802^m, jedoch bloss 1·712^m, es muss daher das ganze Gefälle von 4·563^m auf eine Länge von 2070^m ausgeglichen werden, was einem relativen Gefälle von 2·204^m und einer Geschwindigkeit von 3·155^m oder auch, je nach der Wahl (?) des Corrections-Coëfficienten, 2·23^m entspricht. Diese Geschwindigkeiten erfordern eine Durchflussmenge von 283^{kbm} respective 398^{kbm} per Secunde, um die Wassertiefe von 2^m herzustellen. Bei Hochwasser wächst die Geschwindigkeit bis auf 4^m per Secunde und darüber und die nothwendigen Durchflussmengen betragen 1270^{kbm} respective 1794^{kbm}.

Diesen Resultaten gegenüber glaubt die Experten-Commission es als keinen guten Erfolg bezeichnen zu dürfen, wenn in der regulirten Strecke Geschwindigkeiten wie jene, welche die internationale Commission berechnete, vorwalten und dieses um so weniger, als sie in einem verhältnissmässig engen Canale zum Vorschein kommen, daher dem Schiffe einen weit grösseren Widerstand entgegensetzen werden, als es im offenen Flusse der Fall gewesen wäre; ausserdem hält sie die Ansicht der internationalen Commission in Bezug auf den Ausgleich des Gefälles in der Länge des Canales für eine irrige, und zwar darum, weil die Durchflussmenge bei Profil 35 eine ausserordentliche Vergrösserung des Querprofils vorfindet, daher die Strecke von Profil 35 bis 42 mit einer verhältnissmässig kleinen Geschwindigkeit durchströmen wird. Hieraus folgt, dass auch das Gefälle des Wasserspiegels ein sehr kleines und kaum grösser sein dürfte, als jenes des Niederwassers bei Profil 42, es wird daher die Gefällsdifferenz des Eisernen Thores sich nicht in der ganzen Länge des Canales, sondern bloss in der Theilstrecke von Profil 12 bis 35 ausgleichen müssen, wodurch das relative Gefälle des Canales nicht 2·248^m, sondern auf 3·598^m per Kilometer anwächst und die Geschwindigkeit gleichfalls von 3·155^m bis auf 3·79^m steigt, in Folge dessen werden die Schwierigkeiten grösser sein, als sie von der internationalen Commission vorausgesetzt wurden. Ueberdies ist es nach der Ansicht der Experten-Commission sehr zweifelhaft, ob der Canal, dessen obere Ausmündung bloss den zehnten Theil der Flussbreite beträgt, einen grösseren Antheil von der ganzen Abflussmenge des Flusses erhalten wird, als ihm vermöge dieses Verhältnisses zukommt, er könnte daher im besten Falle, da die ganze Abflussmenge 1700^{kbm} beträgt, bloss 170^{kbm} und nicht 340^{kbm} erhalten, welche die internationale Commission zur Herstellung einer Wassertiefe von 2^m für nothwendig erachtete, aber selbst angenommen, dass dieses der Fall wäre, so müsste bei einem

solchen erhöhten Wasserzufluss bei Profil 12 ein Gefällsbruch entstehen, weil die Geschwindigkeit im Canale grösser an seinem oberen Ende ist, und somit würde daraus ein weiteres Hinderniss für die Bergfahrt entstehen.

Aus diesen Gründen kann die Experten-Commission sich mit den Vorschlägen der internationalen Commission nicht befreunden und hält im Gegentheil jeden daraus erwarteten günstigen Erfolg für illusorisch. Da aber, wie früher schon bemerkt wurde, unterhalb des Eisernen Thores die abnormen Wassertiefen eine Einengung durch Parallelwerke nicht zulassen und ein dritter Weg nicht in Aussicht genommen werden kann, so empfiehlt die Experten-Commission den Bau eines Schleusencanals mit einem concentrirten Gefälle von 4·54^m, welcher eine Länge von 1215^m und eine Sohlenbreite von nur 40^m erhalten soll. Die Schleuse selbst ist eine nach der Längenrichtung gekuppelte, mit zwei Kammern von je 155^m Länge und 36^m Breite. Die obere Schleuse würde ein Gefälle von 2^m und die untere eine solche von 2·54^m erhalten, deren Trempel jedoch auf eine Tiefe von 2·80^m unter dem Niederwasserspiegel zu liegen kommen. Die Thore sind 20^m breit.

Durch die Anordnung einer Schleuse glaubt die Experten-Commission alle jene Schwierigkeiten zu umgehen, welche die örtlichen Verhältnisse der Schifffahrt entgegenstellen, und obgleich ihr die Nachteile nicht entgangen sind, die mit einem solchen Baue, sei es in constructiver oder in anderer Beziehung unzertrennlich verbunden sind, so hält sie eine solche Anlage dennoch für die einzige, welche geeignet erscheint, die rapide Geschwindigkeit zu mässigen und auf diese Weise den Verkehr überhaupt zu ermöglichen.

Wenn wir nun die Details beider Projecte zusammenfassen, so finden wir ihren charakteristischen Unterschied darin, dass die internationale Commission durchwegs durch die Vertiefung der Sohle die geplante Wassertiefe zu erhalten trachtet, während die Experten-Commission durch einen künstlich erzeugten Stau des Wassers nicht nur den gleichen

Zweck, sondern auch den nicht zu unterschätzenden Vortheil einer Ermässigung der Geschwindigkeit erreichen will, und vergleichen wir weiters beide Methoden mit dem Principe, welches wir als Basis für die richtige Lösung der gestellten Aufgabe angenommen haben, so müssen wir erkennen, dass die internationale Commission sich demselben wohl mehr näherte, als die Experten-Commission, wenn gleich auch sie der Aufgabe nicht ganz gerecht wurde und auf halbem Weg stehen blieb.

Die richtige und vollständige Lösung der Aufgabe scheint uns darin zu liegen: die Sohle des Canales so tief zu legen, dass die längs der ganzen Strecke sich stauenden Hochwässer so bald als möglich ihren Abfluss finden können, damit in Folge dessen die Grundwässer des Donaubeckens in der kürzesten Zeit zum Sinken gebracht werden, hieraus entstünde nicht nur ein unberechenbarer volkswirtschaftlicher Vortheil für das Donauthal unmittelbar oberhalb Moldova, sondern auch die Rückwirkung auf das Theissthal, dessen Gewässer dieses Grundwasser zum grössten Theile ersetzen müsste, wäre eine sehr günstige, obgleich hierdurch die Ueberschwemmungen der Theiss nicht vollständig hintangehalten werden könnten.

Die Topographie, sowie die hydrologischen Verhältnisse dieses Landestheiles weisen unmittelbar darauf hin, dass nur durch die Begünstigung einer Vorfluth bei den Katarakten eine Amelioration der Wasserstände im ganzen Thale herbeigeführt werden kann, und da die Mittel zu diesem Zwecke zu gleicher Zeit auch auf eine ermässigte Geschwindigkeit bei Niederwasser hinwirken, so ist kein Grund zu zweifeln vorhanden, dass durch eine zweckmässigere Anordnung der Regulirungs-Methode, welche die internationale Commission in Vorschlag gebracht hat, der erwünschte Erfolg erzielt werden wird, ein einseitiges Vorgehen aber, gleichviel ob es blos die Schifffbarkeit bei Niederwasser, oder würde mehr oder weniger ein unbefriedigendes und kostspieliges Palliativ bleiben.

Tabelle.

Tabelle.

Object	Distanz von Moldova	Canal		1000 J	Gestein	Baukosten in Francs			Bemerkung
		Länge	Gefälle			Internationale Commission 1874		Experten- Commission 1879	
	Kilomtr.			Meter		Kubik-Meter	2 ^m Wassertiefe	1 ⁷ m Wassertiefe	
	Stenka	21	1094	0·391	0·357	Granit 7408 Glimmer- schiefer 31916	444.480	178.758	
Kozla-Dojke	37	1436	1·379	0·930	1,914.968		1,180.200	2,500.000	
Izlas-Tachtalia	48	1786	2·340	1·310	{1,560.337		{1,522.173	4,000.000	Approximativ.
Greiben-Savinitza	50	2478	1·314	1·010	{2,685.378		{2,329.976		
		{630	{1·001	1·588	Feldspat 20710	4,245.715	3,852.149	1,200.000 +	Felsensprengungs- kosten 730 ^{kbm} .
		{110	{0·767	6·973					
Jucz	62	740	1·768	2·389		1,242.619	561.611		
Profil 12 bis 31		{1268	{2·851	2·248					
" 35 " 42		{802	{1·712	2·135					
Eisernes Thor	106	2070	4·563	2·204					
						3,956.986	3,802.221	12,000.000	
Summe						11,804.768	9,574.939	20,144.480	
Unvorhergesehenes						1,195.232	1,025.061	1,855.520	
Total-Baukosten						13,000.000	10,600.000	22,000.000	

dann ausgeführt, wenn aus irgend welchem Grunde die Ablesung an einem der beiden äusseren Fäden unmöglich ist, oder die Lesungen an den letzteren controlirt werden sollen.

Bei der Ermittlung des Einflusses einer Lattenschwankung auf die tachymetrisch bestimmte Horizontal-Distanz und Höhe wollen wir zunächst den allgemeinen Fall voraussetzen, dass die Ablesungen an der Latte auf die früher angegebene Weise vom Mittelfaden aus nach beiden Seiten vorgenommen werden.

Ist dann allgemein $\Delta\phi$ die durch eine Lattenschwankung hervorgerufene Aenderung des Winkels ϕ , welcher, wie Fig. 1 zeigt, die Lage der Latte gegen die Linie CM fixirt, ferner Δl_1 und Δl_2 die hierdurch entstehenden Aenderungen der mittelst der beiden distanzmessenden Fäden erhaltenen Lattenabschnitte l_1 und l_2 , so lassen sich die letzteren aus den Relationen:

$$z_1 = \Delta \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\phi + \alpha + \beta)} \dots \dots \dots 4),$$

$$z_2 = \Delta \frac{\sin \beta}{\sin(\phi + \beta)} \dots \dots \dots 5),$$

$$V \sin\left(\phi + \beta + \frac{\alpha}{2}\right) = \Delta \sin\left(\beta + \frac{\alpha}{2}\right) \dots \dots 6)$$

ermitteln, welche sich durch Auflösung der Dreiecke CMu , CMo und CMm ergeben, wenn man

$$Mu = z_1 = V + l_1$$

und

$$Mo = z_2 = V - l_2$$

setzt.

Wie man sieht, sind die successiv beobachteten und von einander unabhängigen Werthe l_1 und l_2 als Functionen von ϕ und β zu betrachten; und zwar ist letztere Grösse zufolge der Gleichung 6) als von der ersteren abhängig und $\Delta\beta$ als kleine Grösse zweiter Ordnung anzusehen, wenn $\Delta\phi$ als eine kleine Grösse erster Ordnung angenommen wird.

Sucht man die Aenderungen, welche die Werthe z_1 und z_2 in Folge einer Aenderung des Werthes von ϕ erleiden, so ergeben sich dieselben aus den beiden Gleichungen:

$$\Delta z_1 = \left(\frac{dz_1}{d\phi_1}\right) \Delta\phi_1 + \left(\frac{dz_1}{d\beta}\right) \Delta\beta + \frac{1}{2} \left(\frac{d^2 z_1}{d\phi_1^2}\right) \Delta\phi_1^2,$$

$$\Delta z_2 = \left(\frac{dz_2}{d\phi_2}\right) \Delta\phi_2 + \left(\frac{dz_2}{d\beta}\right) \Delta\beta + \frac{1}{2} \left(\frac{d^2 z_2}{d\phi_2^2}\right) \Delta\phi_2^2,$$

wenn man in der Entwicklung bei den Gliedern zweiter Ordnung stehen bleibt.

Durch Differentiation der Gleichungen 4) bis 6) erhält man:

$$\left(\frac{dz_1}{d\phi_1}\right) = -z_1 \cotang(\phi + \alpha + \beta),$$

$$\left(\frac{dz_1}{d\beta}\right) = \frac{\Delta \sin \phi}{\sin^2(\phi + \alpha + \beta)},$$

$$\left(\frac{d^2 z_1}{d\phi_1^2}\right) = z_1 \cotang^2(\phi + \alpha + \beta) + \frac{z_1}{\sin^2(\phi + \alpha + \beta)},$$

$$\left(\frac{dz_2}{d\phi_2}\right) = -z_2 \cotang(\phi + \beta),$$

$$\left(\frac{dz_2}{d\beta}\right) = \frac{\Delta \sin \phi}{\sin^2(\phi + \beta)},$$

$$\left(\frac{d^2 z_2}{d\phi_2^2}\right) = z_2 \cotang^2(\phi + \beta) + \frac{z_2}{\sin^2(\phi + \beta)},$$

$$\Delta\beta = \frac{V}{\Delta \sin \phi} \sin\left(\phi + \beta + \frac{\alpha}{2}\right) \cos\left(\phi + \beta + \frac{\alpha}{2}\right) \Delta\phi.$$

Beachtet man, dass

$$\Delta z_1 = \Delta l_1,$$

$$\Delta z_2 = -\Delta l_2$$

und

$$\omega + \phi + \beta + \frac{\alpha}{2} = 180^\circ,$$

so erhält man durch Substitution dieser Werthe in obige Gleichung:

$$\left. \begin{aligned} \Delta l_1 &= l_1 \cotg \omega \Delta\phi_1 + \left[(V + l_1) \frac{\alpha}{2 \sin^2 \omega} - V \cotg^2 \omega \alpha\right] \Delta\phi_1 \\ &\quad + (V + l_1) \left[\cotg^2 \omega + \frac{1}{\sin^2 \omega}\right] \frac{\Delta\phi_1^2}{2} \\ \Delta l_2 &= l_2 \cotg \omega \Delta\phi_2 + \left[(V - l_2) \frac{\alpha}{2 \sin^2 \omega} - V \cotg^2 \omega \alpha\right] \Delta\phi_2 \\ &\quad - (V - l_2) \left[\cotg^2 \omega + \frac{1}{\sin^2 \omega}\right] \frac{\Delta\phi_2^2}{2} \end{aligned} \right\} 7).$$

Werden in den Gleichungen 7) nur die Glieder erster Ordnung beibehalten, so ist:

$$\Delta l_1 = l_1 \cotang \omega \Delta\phi_1,$$

$$\Delta l_2 = l_2 \cotang \omega \Delta\phi_2.$$

Da $L = l_1 + l_2$ und die Werthe l_1 und l_2 von einander unabhängig sind, so folgt, dass, wenn ΔL den durch eine Lattenschwankung entstehenden Fehler in der Bestimmung von L bezeichnet,

$$\Delta L = \pm \sqrt{\Delta l_1^2 + \Delta l_2^2}.$$

Die speciellen Werthe von $\Delta\phi_1$ und $\Delta\phi_2$ können in den einzelnen Fällen nicht ermittelt werden; es bleibt also nichts übrig, als für die Grösse der Lattenschwankung einen mittleren Werth $\Delta\phi$ anzunehmen; berücksichtigt man ferner, dass zufolge der Gleichung 1) und 2) $l_1 = l_2$ gesetzt werden kann, so erhält man durch Substitution obiger Werthe

$$\Delta L = \pm \frac{L}{\sqrt{2}} \cotang \omega \Delta\phi \dots \dots 8).$$

Die Gleichung 8) zeigt, dass der Einfluss einer Lattenschwankung auf den ermittelten Lattenabschnitt für $\omega = 90^\circ$ gleich Null wird.

In der Praxis sucht man diese senkrechte Stellung der Latte gegen die mittlere Visirlinie dadurch zu erreichen, dass man durch ein kleines Diopter, welches rechtwinkelig zur Latte in mittlerer Instrumentshöhe angebracht ist, nach dem Instrumente visirt.

Ist $\omega = 90^\circ$, so sind die zur Bestimmung der Horizontal-Distanz und Höhe erforderlichen Ausdrücke laut Gleichungen I) und II):

$$D = C \cos h L + V \sin h \dots \dots \dots \text{III}),$$

$$H = C \sin h L - V \cos h \dots \dots \dots \text{IV}).$$

Die senkrechte Stellung der Latte gegen die Visirlinie des Mittelfadens ist jedoch trotz des eben erwähnten Vortheils nicht zu empfehlen, da dieselbe nicht nur unbequem, sondern in stark geneigtem Terrain oft unausführbar ist. Man hat deshalb den Vorschlag gemacht, die Distanzlatte in horizontaler Lage so zu gebrauchen, dass dieselbe senkrecht auf die Visirrichtung des Fernrohrs zu stehen kommt; aber auch diese Lattenstellung erweist sich in der Praxis in vielen Fällen als ungeeignet. Es

bleibt also nur die verticale Stellung der Latte übrig, welche bei einiger Aufmerksamkeit leicht mittelst eines Senkels oder einer Dosenlibelle mit hinreichender Schärfe erreicht werden kann. Diese Lattenstellung ist nicht nur die natürlichste, sondern auch jene, für welche die Formeln zur Berechnung der Horizontal-Distanz und Höhe sich am einfachsten gestalten.

Man erhält dieselben, wenn man in den Gleichungen I) und II) $\omega = 90 - h$ setzt.

Es ist alsdann:

$$D = C \cos^2 h L \dots \dots \dots \text{V),}$$

$$H = C \sin h \cos h L - V \dots \dots \text{VI).}$$

Für diesen Fall ergibt sich der Einfluss einer Lattenschwankung auf den ermittelten Lattenabschnitt aus der Gleichung:

$$\Delta L = \pm \frac{L}{\sqrt{2}} \tan h \Delta \phi \dots \dots \dots 9).$$

Eine einfache Betrachtung dieser Gleichung lehrt, dass selbst ein geringes Schwanken der vertical zu haltenden Latte bei etwas grösserer Neigung der mittleren Visur gegen den Horizont einen nicht unbeträchtlichen Einfluss auf den ermittelten Lattenabschnitt ausüben kann, weshalb der Ingenieur stets darauf zu achten hat, dass der Lattenträger seine ganze Aufmerksamkeit auf die Verticalstellung der Latte verwendet. Um diese mit Sicherheit erreichen zu können, werden gegenwärtig in der astromischen Werkstätte der Herren Starke & Kammerer die für tachymetrische Zwecke bestimmten, zackenförmig getheilten Latten mit sehr zweckmässig eingerichteten Stativfüssen versehen, durch deren Verlängerung oder Verkürzung die Verticalstellung der Latte mittelst angebrachter Kreuzlibellen bis auf fünf Bogenminuten mit Leichtigkeit ausgeführt werden kann.

Um nun den Einfluss einer Lattenschwankung auf die tachymetrisch bestimmte Horizontal-Distanz und Höhe bei verticaler Lattenstellung kennen zu lernen, hat man die Gleichungen V) und VI) in Bezug auf L zu differenziren und für ΔL den Werth aus Gleichung 9) zu substituiren.

Man erhält alsdann

$$\frac{\Delta D}{D} = \pm \frac{\tan h}{\sqrt{2}} \Delta \phi \dots \dots \dots 10),$$

$$\frac{\Delta H}{D} = \pm \frac{\tan^2 h}{\sqrt{2}} \Delta \phi \dots \dots \dots 11).$$

In der nachstehenden Tabelle sind die relativen Fehler der Horizontal-Distanz und Höhe, welche den Gleichungen 10) und 11) entsprechen, mit den Argumenten $\Delta \phi$ und h zusammengestellt.

Aus derselben ist zu entnehmen, dass ein Schwanken der Latte innerhalb der durch Lattenstative leicht erreichbaren Grenze von 5 bis 10 Bogenminuten selbst bei der grösstmöglichen Neigung der mittleren Visur gegen den Horizont keinen merklichen Einfluss auf die tachymetrisch ermittelte Horizontal-Distanz und Höhe auszuüben vermag. Dieser Einfluss kann nur dann beträchtlich werden, wenn bei grösserer Neigung der Visirlinie die Lattenschwankung obige Grenze überschreitet.

$\Delta \phi$	$h = 10^\circ$		$h = 20^\circ$		$h = 30^\circ$		$h = 40^\circ$	
	$\Delta D:D$	$\Delta H:D$	$\Delta D:D$	$\Delta H:D$	$\Delta D:D$	$\Delta H:D$	$\Delta D:D$	$\Delta H:D$
	1:	1:	1:	1:	1:	1:	1:	1:
5'	5514	31275	2673	7341	1683	2916	1158	1380
10'	2757	15638	1336	3670	842	1458	579	690
15'	1838	10425	891	2447	561	972	386	460
20'	1378	7819	663	1835	421	729	289	345
25'	1103	6255	535	1468	336	583	232	276
30'	919	5213	446	1223	281	486	193	230

Die Gleichungen 8) und 9) gelten nur unter der Voraussetzung, dass die Glieder zweiter Ordnung vernachlässigt werden können; werden auch diese Glieder in Berücksichtigung gezogen, so verschwindet der Einfluss einer Lattenschwankung auf den ermittelten Lattenabschnitt selbst bei einer genau senkrechten Stellung der Latte gegen die Visur des Mittelfadens nicht vollständig. Denn setzt man in Gleichung 7) $\omega = 90^\circ$, so ergibt sich

$$\Delta l_1 = \pm (V + l_1) (\alpha \pm \Delta \phi_1) \frac{\Delta \phi_1}{2},$$

$$\Delta l_2 = \pm (V - l_2) (\alpha \mp \Delta \phi_2) \frac{\Delta \phi_2}{2}.$$

Wird für $\Delta \phi_1$ und $\Delta \phi_2$ ein mittlerer Werth $\Delta \phi$ gesetzt, und beachtet, dass

$$\Delta L = \pm \sqrt{\Delta l_1^2 + \Delta l_2^2},$$

so erhält man durch Substitution dieser Werthe:

$$\Delta L = \pm \frac{\Delta \phi}{2} \sqrt{(V + l_1)^2 (\alpha \pm \Delta \phi)^2 + (V - l_2)^2 (\alpha \mp \Delta \phi)^2}$$

oder, da

$$l_1 = l_2 = \frac{L}{2}$$

gesetzt werden kann,

$$\frac{\Delta L}{L} = \pm \frac{\Delta \phi}{2} \sqrt{\left(\frac{V}{L} + \frac{1}{2}\right)^2 (\alpha \pm \Delta \phi)^2 + \left(\frac{V}{L} - \frac{1}{2}\right)^2 (\alpha \mp \Delta \phi)^2} \dots \dots \dots 12).$$

Werden die Gleichungen III) und IV) in Bezug auf L differenzirt, so findet man:

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{\Delta H}{D \tan h} = \frac{\Delta L}{L}.$$

Es ist demnach

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta D}{D} &= \pm \frac{\Delta \phi}{2} \sqrt{\left(\frac{V}{L} + \frac{1}{2}\right)^2 (\alpha \pm \Delta \phi)^2 + \left(\frac{V}{L} - \frac{1}{2}\right)^2 (\alpha \mp \Delta \phi)^2} \\ \frac{\Delta H}{D} &= \pm \frac{\Delta \phi}{2} \tan h \sqrt{\left(\frac{V}{L} + \frac{1}{2}\right)^2 (\alpha \pm \Delta \phi)^2 + \left(\frac{V}{L} - \frac{1}{2}\right)^2 (\alpha \mp \Delta \phi)^2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 13).$$

Wird der Mittelfaden auf die Latte so eingestellt, dass

$$V = \frac{L}{2},$$

so wird:

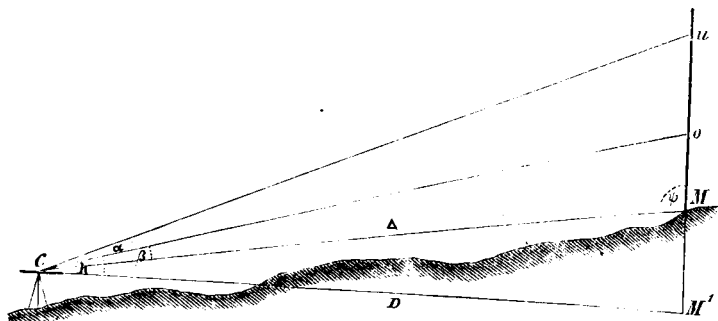
$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta D}{D} &= \pm \left(\frac{1}{C} \pm \Delta \psi \right) \frac{\Delta \psi}{2} \dots \\ \frac{\Delta H}{D} &= \pm \left(\frac{1}{C} \pm \Delta \psi \right) \tan h \frac{\Delta \psi}{2} \end{aligned} \right\} \dots 14).$$

wenn für α der reciproke Werth der Constanten des Distanzmessers substituirt wird.

Bisher wurde vorausgesetzt, dass die beiden Lattenabschnitte l_1 und l_2 successive, aber jeder derselben durch gleichzeitiges Ablesen am Mittelfaden und einem der beiden Seitenfäden erhalten wurden. Das gleichzeitige Ablesen an den beiden distanzmessenden Fäden ist das einzig rationelle und zulässige Verfahren bei der Ermittlung eines Lattenabschnittes, da im entgegengesetzten Falle der Werth des letzteren mit einem bedeutenden Fehler behaftet sein kann.

Sollte behufs Erzielung eines kleineren Werthes der Constanten C ein grösserer Abstand der beiden distanzmessenden Fäden gewünscht werden, dann müsste jeder Faden behufs Erhöhung der Genauigkeit beim Ablesen mit einer eigenen Ocularlinse versehen werden, wie dies beim Reichenbach'schen Distanzmesser der Fall ist. Bei dieser Einrichtung des Fernrohres fehlt der Mittelfaden, und der Höhenwinkel wird dann in der Regel mit dem oberen Faden bestimmt. Die Ablesung an den beiden Fäden kann in diesem Falle, da dieselben nicht gleichzeitig überblickt werden können, auch nicht gleichzeitig, sondern nur successive geschehen, wodurch die in Folge einer stattfindenden Schwankung der Latte eintretenden Neigungen als verschieden und von einander unabhängig zu betrachten sind.

Figur 2.



Es sei in Fig. 2:

$$\begin{aligned} Mo &= V, \\ Mu &= W, \\ ou &= L, \\ CM &= \Delta, \\ CM' &= D, \end{aligned}$$

ferner:

$$\begin{aligned} \angle o CM' &= h, \\ \angle o Cu &= \alpha, \\ \angle o CM &= \beta. \end{aligned}$$

Aus den Dreiecken oCM und uCM ergeben sich die Proportionen:

$$V : \Delta = \sin \beta : \sin (\psi + \beta),$$

$$W : \Delta = \sin (\alpha + \beta) : \sin (\psi + \alpha + \beta),$$

mithin:

$$\left. \begin{aligned} V &= \Delta \frac{\sin \beta}{\sin (\psi + \beta)} \\ W &= \Delta \frac{\sin (\alpha + \beta)}{\sin (\psi + \alpha + \beta)} \end{aligned} \right\} \dots 15).$$

Diese für die verticale Lattenstellung geltenden Werthe erleiden durch ein Schwanken derselben eine Aenderung, welche sich ergibt, indem man, da β in Folge der während der Dauer der Ablesungen unveränderten Lage des Fernrohres als constant anzusehen ist, in die obigen Gleichungen $\psi + \Delta \psi$ statt ψ setzt, und in der Entwicklung bei den Gliedern zweiter Ordnung stehen bleibt. Es ist dann:

$$\Delta V = \left(\frac{dV}{d\psi} \right) \Delta \psi_1 + \frac{1}{2} \left(\frac{d^2 V}{d\psi^2} \right) \Delta \psi_1^2,$$

$$\Delta W = \left(\frac{dW}{d\psi} \right) \Delta \psi_2 + \frac{1}{2} \left(\frac{d^2 W}{d\psi^2} \right) \Delta \psi_2^2.$$

Werden die partiellen Differential-Quotienten gebildet und in diese Gleichungen substituirt, so erhält man:

$$\Delta V = -V \cotang (\psi + \beta) \Delta \psi_1 + V \left[\frac{1}{\sin^2 (\psi + \beta)} + \cotang^2 (\psi + \beta) \right] \frac{\Delta \psi_1^2}{2},$$

$$\Delta W = -W \cotang (\psi + \alpha + \beta) \Delta \psi_2 + W \left[\frac{1}{\sin^2 (\psi + \alpha + \beta)} + \cotang^2 (\psi + \alpha + \beta) \right] \frac{\Delta \psi_2^2}{2}.$$

Da $W = V + L$ und $\psi = 90^\circ + h - \beta$ ist, so hat man auch:

$$\Delta V = V \tan h \Delta \psi_1 + V \left(\frac{1}{\cos^2 h} + \tan^2 h \right) \frac{\Delta \psi_1^2}{2},$$

$$\Delta W = (V + L) \tan (h + \alpha) \Delta \psi_2 + (V + L) \left[\frac{1}{\cos^2 (h + \alpha)} + \tan^2 (h + \alpha) \right] \frac{\Delta \psi_2^2}{2}.$$

Sind α , $\Delta \psi_1$ und $\Delta \psi_2$ in Bezug auf h als kleine Grössen erster Ordnung zu betrachten, so kann man, wenn man die Glieder zweiter Ordnung vernachlässigt, setzen:

$$\Delta V = V \tan h \Delta \psi_1,$$

$$\Delta W = (V + L) \tan h \Delta \psi_2.$$

Bezeichnet nun ΔL den in Folge einer Lattenschwankung entstehenden Fehler in der Bestimmung des Lattenabschnittes, $\Delta \psi$ den mittleren Werth einer Lattenschwankung, so ist:

$$\begin{aligned} \Delta L &= \pm \sqrt{\Delta V^2 + \Delta W^2} = \\ &= \pm L \tan h \Delta \psi \sqrt{\left(\frac{V}{L} \right)^2 + \left(1 + \frac{V}{L} \right)^2} \end{aligned} \quad 16).$$

mithin nach dem Vorhergehenden der relative Fehler der Horizontal-Distanz und Höhe:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta D}{D} &= \pm \tan h \Delta \psi \sqrt{\left(\frac{V}{L} \right)^2 + \left(1 + \frac{V}{L} \right)^2} \\ \frac{\Delta H}{D} &= \pm \tan^2 h \Delta \psi \sqrt{\left(\frac{V}{L} \right)^2 + \left(1 + \frac{V}{L} \right)^2} \end{aligned} \right\} \quad 17).$$

Wie man sieht, wächst der relative Fehler der Horizontal-Distanz und Höhe bei gleicher Lattenschwankung und derselben

Neigung der Ziellinie mit der Zunahme des Werthes von V , und der Abnahme von L , d. i. mit der Abnahme der Distanz.

Es folgt hieraus, dass man namentlich bei kleineren Distanzen den oberen Faden so nahe als möglich nach dem unteren Ende der Latte zu bringen hat. Für $V = 0$ ist:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta D}{D} &= \pm \tan h \Delta \phi \\ \frac{\Delta H}{D} &= \pm \tan^2 h \Delta \phi \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 18).$$

Ist der Höhenwinkel h klein und von derselben Ordnung wie α und $\Delta \phi$, so ist, wenn man abermals bei den Gliedern zweiter Ordnung stehen bleibt:

$$\Delta V = \pm V h \Delta \phi_1 + V \frac{\Delta \phi_1^2}{2},$$

$$\Delta W = \pm (V + L) (h + \alpha) \Delta \phi_2 + (V + L) \frac{\Delta \phi_2^2}{2},$$

mithin nach dem Früheren

$$\frac{\Delta L}{L} = \pm \Delta \phi \sqrt{\left(\frac{V}{L}\right)^2 \left(h \pm \frac{\Delta \phi}{2}\right)^2 + \left(1 + \frac{V}{L}\right)^2 \left[(h + \alpha) \pm \frac{\Delta \phi}{2}\right]^2} \dots \dots \dots 19),$$

und die relativen Fehler der Horizontal-Distanz und Höhe:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta D}{D} &= \pm \Delta \phi \sqrt{\left(\frac{V}{L}\right)^2 \left(h \pm \frac{\Delta \phi}{2}\right)^2 + \left(1 + \frac{V}{L}\right)^2 \left[(h + \alpha) \pm \frac{\Delta \phi}{2}\right]^2} \\ \frac{\Delta H}{D} &= \pm h \Delta \phi \sqrt{\left(\frac{V}{L}\right)^2 \left(h \pm \frac{\Delta \phi}{2}\right)^2 + \left(1 + \frac{V}{L}\right)^2 \left[(h + \alpha) \pm \frac{\Delta \phi}{2}\right]^2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 20).$$

Für $h = 0$ wird:

$$\frac{\Delta L}{L} = \pm \Delta \phi \sqrt{\left(\frac{V}{L}\right)^2 \frac{\Delta \phi^2}{4} + \left(1 + \frac{V}{L}\right)^2 \left(\alpha \pm \frac{\Delta \phi}{2}\right)^2} \dots 21),$$

mithin, wenn für $\alpha = \frac{1}{C}$ gesetzt wird:

$$\frac{\Delta D}{D} = \pm \Delta \phi \sqrt{\left(\frac{V}{L}\right)^2 \frac{\Delta \phi^2}{4} + \left(1 + \frac{V}{L}\right)^2 \left(\frac{1}{C} \pm \frac{\Delta \phi}{2}\right)^2} \dots 22).$$

Die folgende Tabelle gibt mit den Argumenten $\Delta \phi$ und h die der Gleichung 17) entsprechenden relativen Fehler der Horizontal-Distanz und Höhe für $L = V = 2^m$.

$\Delta \phi$	$h = 10^\circ$		$h = 20^\circ$		$h = 30^\circ$		$h = 40^\circ$	
	$\Delta D:D$	$\Delta H:D$	$\Delta D:D$	$\Delta H:D$	$\Delta D:D$	$\Delta H:D$	$\Delta D:D$	$\Delta H:D$
	1:	1:	1:	1:	1:	1:	1:	1:
5'	1743	9891	846	2322	534	921	366	438
10'	871	4945	423	1161	267	460	183	219
15'	581	3297	282	774	178	307	122	146
20'	436	2173	212	580	134	230	92	109
25'	349	1978	169	464	107	184	73	88
30'	291	1648	141	387	89	153	61	73

Ist der Abstand der distanzmessenden Fäden des Tachymeter-Fernrohres nur so gross, dass man beide mit Einer Ocularlinse überblickt, und demnach die Ablesungen V und W gleichzeitig ausgeführt werden können, so ist die in Folge einer Schwankung der Latte eintretende Neigung derselben für beide Ablesungen die nämliche. Es ist alsdann, wenn abermals α und $\Delta \phi$ in Bezug auf h als kleine Grössen betrachtet werden können,

$$\Delta V = \pm V \tan h \Delta \phi,$$

$$\Delta W = \pm (V + L) \tan h \Delta \phi.$$

Da $\Delta \phi$ in beiden Gleichungen dasselbe Zeichen besitzt, so ist der Fehler des Lattenabschnittes

$$\Delta L = \Delta W - \Delta V = \pm L \tan h \Delta \phi \dots 23),$$

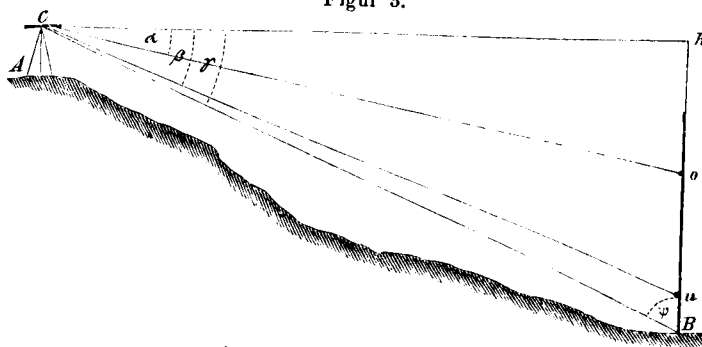
und der relative Fehler der Horizontal-Distanz und Höhe

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta D}{D} &= \pm \tan h \Delta \phi \\ \frac{\Delta H}{D} &= \pm \tan^2 h \Delta \phi \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 24).$$

Wie man sieht, wird der aus Gleichung 17) berechnete Werth des relativen Fehlers der Horizontal-Distanz und Höhe mit jenem der Gleichung 24) nur für $V = 0$ identisch; in allen übrigen Fällen ist der erstere grösser; und zwar wird der Unterschied beider desto bedeutender, je grösser das Verhältniss $\frac{V}{L}$ ist. Es folgt hieraus, dass, wenn das Tachymeter-Fernrohr mit zwei Ocularlinsen versehen sein sollte, mithin die Ablesung an beiden Fäden nicht gleichzeitig erfolgen kann, man namentlich bei kleinen Distanzen den oberen Faden so nahe als möglich gegen das untere Ende der Latte einzustellen hat.

Bei der trigonometrischen Bestimmung der Horizontal-Distanz und Höhe eines Punctes mit dem verbesserten Nivellir-Instrumente von Professor S. Stampfer, oder dem Universal-Nivellir-Instrumente mit umlegbarem Fernrohre von G. Starke kann die Einstellung des Horizontalfadens auf die beiden Zieltafeln nur

Figur 3.



successive ausgeführt werden, so dass auch in diesem Falle die durch eine Lattenschwankung entstehenden und beiden Einstellungen entsprechenden Neigungen der Latte als verschieden und von einander unabhängig zu betrachten sind.

Es sei das Stampfer'sche Nivellir-Instrument in dem Punkte A (Fig. 3) horizontal aufgestellt, das Fernrohr nach der im Punkte B befindlichen, mit zwei Zielscheiben versehenen, vertical gehaltenen Latte gerichtet, und der Stand der Elevations-schraube bei scharf einspielender Libelle, sowie jener bei der Visur nach der oberen und unteren Zielscheibe ermittelt. Sind diese successiv erhaltenen Werthe der Schraubenablesungen h, o und u , ferner der Abstand der beiden Zielscheiben $ou = L$, die Horizontal-Distanz $Ch = D$ und der Abstand der unteren Zielscheibe vom Horizonte des Instrumentes $hu = H$, so ist, wenn C eine constante Grösse bezeichnet, näherungsweise

$$D = C \frac{L}{o - u} \dots \dots \dots 25),$$

$$H = \frac{h - u}{o - u} L \dots \dots \dots 26).$$

Bezeichnen Δo und Δu die in Folge einer Lattenschwankung entstehenden Fehler von o und u , so sind die der Horizontal-Distanz und Höhe entsprechenden Fehler bestimmt durch die Gleichungen

$$\Delta D = \pm \sqrt{\left(\frac{dD}{do}\right)^2 \Delta o^2 + \left(\frac{dD}{du}\right)^2 \Delta u^2} \dots 27),$$

$$\Delta H = \pm \sqrt{\left(\frac{dH}{do}\right)^2 \Delta o^2 + \left(\frac{dH}{du}\right)^2 \Delta u^2} \dots 28).$$

Wird die Gleichung 25) in Bezug auf o und u differenzirt, und die erhaltenen partiellen Differential-Quotienten in Gleichung 27) substituirt, so erhält man:

$$\Delta D = \pm \frac{D}{o - u} \sqrt{\Delta o^2 + \Delta u^2} \dots \dots \dots 29).$$

$$\Delta \alpha = - \frac{L + \lambda}{2D} \sin 2(\psi + \gamma - \alpha) \Delta \psi_1 - \frac{L + \lambda}{2D} \sin^2(\psi + \gamma - \alpha) \Delta \psi_1^2$$

$$\Delta \beta = - \frac{\lambda}{2D} \sin 2(\psi + \gamma - \beta) \Delta \psi_2 - \frac{\lambda}{2D} \sin^2(\psi + \gamma - \beta) \Delta \psi_2^2,$$

da jedoch $\psi + \gamma = 90^\circ$, und α und β kleine Winkel sind, kann man auch schreiben:

$$\Delta \alpha = - \frac{L + \lambda}{D} \alpha \Delta \psi_1 + \frac{L + \lambda}{D} \frac{\Delta \psi_1^2}{2},$$

$$\Delta \beta = - \frac{\lambda}{D} \beta \Delta \psi_2 + \frac{\lambda}{D} \frac{\Delta \psi_2^2}{2},$$

somit

$$\frac{\Delta D}{D} = \pm \Delta \psi \sqrt{\left(\frac{h - o}{C} \mp \frac{\Delta \psi}{2}\right)^2 \left(1 + \frac{\lambda}{L}\right)^2 + \left(\frac{h - u}{C} \mp \frac{\Delta \psi}{2}\right)^2 \left(\frac{\lambda}{L}\right)^2} \dots \dots \dots 30).$$

Wird die Gleichung 26) in Bezug auf o und u differenzirt, und die Werthe der partiellen Differential-Quotienten, sowie jene für Δo und Δu in Gleichung 28) substituirt, so erhält man:

$$\frac{\Delta H}{D} = \pm \frac{(h - u)}{C} \Delta \psi \sqrt{\left(\frac{h - o}{C} \mp \frac{\Delta \psi}{2}\right)^2 \left(1 + \frac{\lambda}{L}\right)^2 + \left(\frac{h - u}{C} \mp \frac{\Delta \psi}{2}\right)^2 \left(\frac{h - o}{h - u}\right)^2 \left(\frac{\lambda}{L}\right)^2} \dots \dots \dots 31).$$

Ist die Lattenschwankung $\Delta \psi$ in Bezug auf die Winkel $\alpha = \frac{h - o}{C}$ und $\beta = \frac{h - u}{C}$ als klein anzusehen, so kann man auch schreiben:

$$\frac{\Delta D}{D} = \pm \frac{\Delta \psi}{C} \sqrt{(h - o)^2 \left(1 + \frac{\lambda}{L}\right)^2 + (h - u)^2 \left(\frac{\lambda}{L}\right)^2} \dots 32),$$

$$\frac{\Delta H}{D} = \pm \frac{(h - u)}{C} \frac{(h - o)}{C} \Delta \psi \sqrt{\left(1 + \frac{\lambda}{L}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{L}\right)^2} \dots 33).$$

Bezeichnet man die Winkel $hCo = \alpha$, $hCu = \beta$, und berücksichtigt bloß das erste Glied der Winkelgleichung, das für die vorliegende Untersuchung vollkommen hinreicht, so ist, wenn C die Constante derselben bedeutet:

$$\alpha = \frac{h - o}{C},$$

und

$$\beta = \frac{h - u}{C};$$

folglich

$$\Delta o = - C \Delta \alpha,$$

$$\Delta u = - C \Delta \beta.$$

Die Werthe $\Delta \alpha$ und $\Delta \beta$ ergeben sich aus den Dreiecken $CB o$ und $CB u$.

Setzt man nämlich:

$$BC = \Delta, \quad Bu = \lambda$$

und

$$\angle CBh = \psi, \quad \angle BCh = \gamma,$$

so erhält man:

$$(L + \lambda) \sin(\psi + \gamma - \alpha) - \Delta \sin(\gamma - \alpha) = o,$$

$$\lambda \sin(\psi + \gamma - \beta) - \Delta \sin(\gamma - \beta) = u.$$

Wie man sieht, sind die Winkel α und β als Functionen von ψ zu betrachten.

Wird nun in Folge einer Lattenschwankung der Werth von ψ um $\Delta \psi$ geändert, so erleiden auch die Grössen α und β eine Aenderung, welche, wenn man bei den Gliedern zweiter Ordnung in Bezug $\Delta \psi$ stehen bleibt, sich aus den Relationen ergeben:

$$\Delta o = \pm \frac{L + \lambda}{D} (h - o) \Delta \psi_1 - \frac{C}{D} (L + \lambda) \frac{\Delta \psi_1^2}{2},$$

$$\Delta u = \pm \frac{\lambda}{D} (h - u) \Delta \psi_2 - \frac{C}{D} \lambda \frac{\Delta \psi_2^2}{2}.$$

Diese Werthe in Gleichung 29) substituirt, und für $\Delta \psi$ ein mittlerer Werth angenommen, geben:

Trifft die horizontale Visur die obere Zieltafel, so ist in den Gleichungen 30) und 31) $h = 0$ zu setzen.

Es folgt alsdann:

$$\frac{\Delta D}{D} = \pm \Delta \phi \sqrt{\left(\frac{\Delta \phi}{2}\right)^2 \left(1 + \frac{\lambda}{L}\right)^2 + \left(\frac{o-u}{C} \pm \frac{\Delta \phi}{2}\right)^2 \left(\frac{\lambda}{L}\right)^2} \quad 34),$$

$$\Delta H = \frac{L + \lambda}{2} \Delta \phi^2 \dots \dots \dots 35).$$

Setzt man endlich $h = u$, so ergibt sich:

$$\frac{\Delta D}{D} = \pm \Delta \phi \sqrt{\left(\frac{o-u}{C} \pm \frac{\Delta \phi}{2}\right)^2 \left(1 + \frac{\lambda}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \phi}{2}\right)^2 \left(\frac{\lambda}{L}\right)^2} \quad 36),$$

$$\Delta H = \frac{\lambda}{2} \Delta \phi^2 \dots \dots \dots 37).$$

Aus den Gleichungen 32) und 33) ist ersichtlich, dass der Einfluss einer Lattenschwankung auf die trigonometrisch bestimmte Horizontal-Distanz und Höhe bei den drei Kategorien der Stampfer'schen Nivellir-Instrumente verschieden ist und abhängt:

1. Von der Grösse der Lattenschwankung;
2. von der Neigung der Visirlinien gegen die obere und untere Scheibe;
3. von dem Werthe des Quotienten $\frac{\lambda}{L}$.

In den Fällen, wo die horizontale Visur die obere oder untere Zielscheibe trifft, erscheint der relative Fehler der Horizontal-Distanz und der absolute Fehler der Höhe als eine kleine Grösse zweiter Ordnung, wie dies aus den Gleichungen 34) bis 36) ersichtlich ist.

Um nach Gleichungen 32) und 33) die Maximalfehler berechnen zu können, welche in Folge einer Lattenschwankung bei einer mit einem Stampfer'schen Nivellir-Instrumente erster Kategorie ermittelten Horizontal-Distanz und Höhe entstehen, setzen wir:

$$h = 20^{\circ}$$

$$o = 2^{\circ}$$

$$u = 0^{\circ}$$

$$C = 324$$

$$L = 2^m$$

$$\lambda = 1.6^m$$

(der grösste an der Doppellatte noch zulässige Werth von λ).

Die Rechnung gibt für

$$\Delta \phi = 5', \quad \frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{6164} \quad \text{und} \quad \frac{\Delta H}{D} = \frac{1}{109866};$$

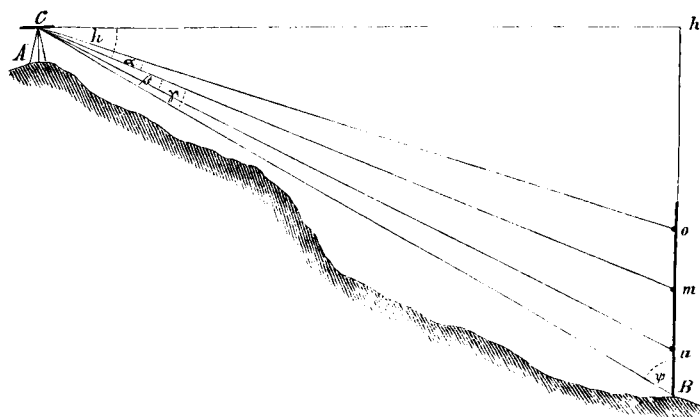
$$\Delta \phi = 30', \quad \frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{1027} \quad \text{und} \quad \frac{\Delta H}{D} = \frac{1}{18311}.$$

Diese Werthe zeigen deutlich, dass der Einfluss einer Lattenschwankung auf die mit einem Stampfer'schen Nivellir-Instrumente ermittelte Horizontal-Distanz und Höhe selbst im ungünstigsten Falle nie bedeutend werden kann, wenn die Nivellirlatte mit Hilfe eines Senkels oder einer Dosenlibelle bis auf $30'$ genau vertical gestellt wird. Wenn demnach einige Beobachter bei Anwendung

der Stampfer'schen Methode die erhaltenen ungünstigen Resultate dem Einflusse einer Lattenneigung zuschreiben, so ist dies nur dadurch erklärlich, dass die diesen Beobachtungen zukommenden Lattenneigungen den oben angegebenen Werth bedeutend überschreiten, was leicht möglich ist, wenn die Verticalstellung der Stampfer'schen Latte ohne Anwendung eines Senkels und ohne besondere Sorgfalt, nur dem Augennasse nach bewirkt wird. Der Einfluss einer Lattenneigung kann jedoch sehr beträchtlich werden, wenn der Höhenwinkel des Punctes, dessen Horizontal-Distanz und Höhe ermittelt werden soll, so gross ist, dass zur Bestimmung desselben Verticalkreise erforderlich werden, wie dies bei den Universal-Nivellir-Instrumenten von G. Starke der Fall ist, welche mit einer getheilten Elevationsschraube versehen sind.

Die Messung der Horizontal-Distanz und Höhe mit diesen Instrumenten geschieht bekanntlich auf folgende Weise:

Figur 4.



Sobald das Universal-Nivellir-Instrument in A (Fig. 4) und die mit zwei Zielscheiben versehene Nivellirlatte in B vertical aufgestellt ist, wird das Instrument mittelst der Stellschrauben und der Kreuzlibellen horizontal gestellt, und die Elevations-Schraube auf jenen Stand m gebracht, bei welchem die Visur horizontal und die Nullpunkte der Nonien auf 0° des Verticalkreises zeigen; alsdann wird das Fernrohr um dessen horizontale Achse so lange gedreht, bis der Horizontalfaden einen nahe der Mitte der Latte bezeichneten Punct m trifft, und nach Anziehung der Klemmschraube des Fernrohres der Höhen- oder Tiefenwinkel h am Verticalkreise abgelesen. Ist dies geschehen, so wird der Horizontalfaden mittelst der Elevationsschraube successive auf die obere und untere Zieltafel eingestellt, und der Stand der Schraube in beiden Stellungen des Fernrohres abgelesen. Sind die erhaltenen Ablesungen o und u , sowie der Abstand der beiden Zielscheiben L , so kann die Horizontal-Distanz $Ch = D$ und der Abstand der unteren Zielscheibe vom Horizonte des Instrumentes, d. i. $hu = H_0$ aus den beiden Dreiecken hCo und hCu berechnet werden.

Aus denselben folgt:

$$H_0 - L = D \tan(h - \alpha),$$

$$H_0 = D \tan(h + \beta).$$

Da die Winkel α und β stets klein sind, erhält man durch Elimination von H_0 :

$$D = \frac{\cos^2 h L}{\alpha + \beta}.$$

Wird in der Winkelgleichung nur das erste Glied beibehalten, so ist, wenn $\frac{1}{C}$ die erste Constante der Winkelgleichung bezeichnet:

$$\alpha = \frac{o - m}{C}$$

und

$$\beta = \frac{m - u}{C}$$

Durch Substitution dieser Werthe folgt:

$$D = C \frac{\cos^2 h}{o - u} L \dots \dots \dots 38).$$

Bezeichnet man die Höhe des Punctes B über oder unter dem Horizonte des Instrumentes mit H und den Abstand des Punctes m vom Anfangspuncte der Latte, d. i. dessen Zielhöhe, mit V , so ist:

$$H = \pm D \tan h - V \dots \dots \dots 39).$$

Die zur Bestimmung der Horizontal-Distanz beobachteten Werthe von o und u erleiden durch eine Lattenschwankung von der Grösse $\Delta \phi$ eine Aenderung ihres Werthes, welche, wie dies bereits früher gezeigt wurde, aus den beiden Dreiecken $B u C$ und $B o C$ hergeleitet werden können.

Unter obiger Voraussetzung des Werthes von h in Bezug auf α und β kann man die höheren Potenzen von $\Delta \phi$ vernachlässigen und setzen:

$$\frac{\Delta D}{D} = \pm \frac{\Delta \phi}{2 \cos^2 h} \sqrt{[\sin 2(h - \alpha)]^2 \left(1 + \frac{\lambda}{L}\right)^2 + [\sin 2(h + \beta)]^2 \left(\frac{\lambda}{L}\right)^2} \dots \dots \dots 40).$$

Sind die Winkel α und β in Bezug auf h sehr klein, so kann man auch setzen:

$$\frac{\Delta D}{D} = \pm \tan h \Delta \phi \sqrt{\left(1 + \frac{\lambda}{L}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{L}\right)^2} \dots 41),$$

welcher Ausdruck mit jenem der Gleichung 17) übereinstimmt.

Sind ΔD und ΔV die durch eine Lattenschwankung von der Grösse $\Delta \phi$ erzeugten Veränderungen in D und V , so ist die aus Gleichung 39) berechnete Höhe mit einem Fehler behaftet von der Grösse:

$$\Delta H = \pm \sqrt{\left(\frac{dH}{dD}\right)^2 \Delta D^2 + \left(\frac{dH}{dV}\right)^2 \Delta V^2}.$$

Aus dem Dreiecke $C m B$ folgt, wenn $B C = \Delta$ gesetzt wird:

$$V = \Delta \frac{\sin \gamma}{\sin(\phi + \gamma)},$$

und durch Differentiation nach V und ϕ :

$$\Delta V = - V \tan h \Delta \phi.$$

$$\Delta o = C \frac{L + \lambda}{2 D} \sin 2(\phi + \gamma + \alpha) \Delta \phi_1,$$

$$\Delta u = C \frac{\lambda}{2 D} \sin 2(\phi + \gamma - \beta) \Delta \phi_2,$$

wenn λ den Abstand der unteren Zieltafel vom Boden bedeutet.

Aus der Figur folgt:

$$\phi + h + \gamma = 90^\circ,$$

so dass

$$\Delta o = C \frac{L + \lambda}{2 D} \sin 2(h - \alpha) \Delta \phi,$$

$$\Delta u = C \frac{\lambda}{2 D} \sin 2(h + \beta) \Delta \phi.$$

Um den Einfluss einer Aenderung von o und u auf die Horizontal-Distanz kennen zu lernen, hat man diese Werthe in die Gleichung

$$\Delta D = \pm \sqrt{\left(\frac{dD}{do}\right)^2 \Delta o^2 + \left(\frac{dD}{du}\right)^2 \Delta u^2}$$

zu substituieren. Mit Rücksicht darauf, dass

$$\left(\frac{dD}{do}\right) = - \frac{D}{o - u},$$

$$\left(\frac{dD}{du}\right) = + \frac{D}{o - u},$$

erhält man, wenn für die Lattenschwankung ein mittlerer Werth $\pm \Delta \phi$ gesetzt wird

Aus Gleichung 39) erhält man:

$$\left(\frac{dH}{dD}\right) = \tan h$$

und

$$\left(\frac{dH}{dV}\right) = - 1.$$

Diese Werthe, in obige Gleichung substituirt, geben:

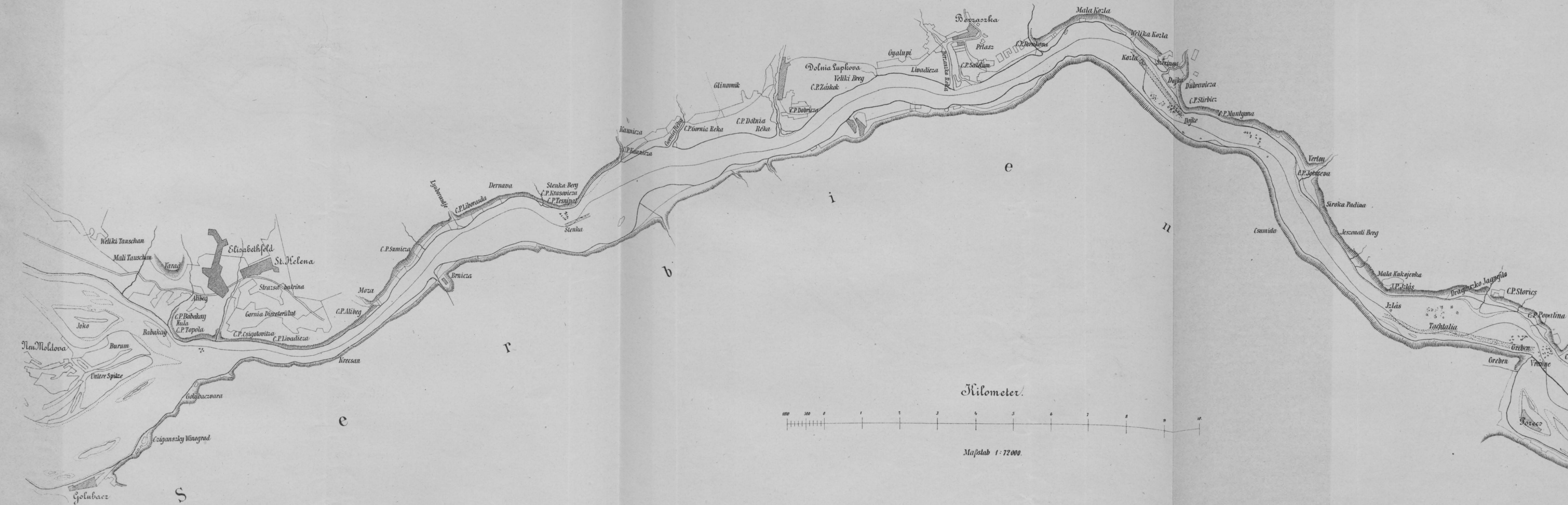
$$\Delta H = \pm \tan h \sqrt{\Delta D^2 + V^2 \Delta \phi^2},$$

oder mit Berücksichtigung der Gleichung 41):

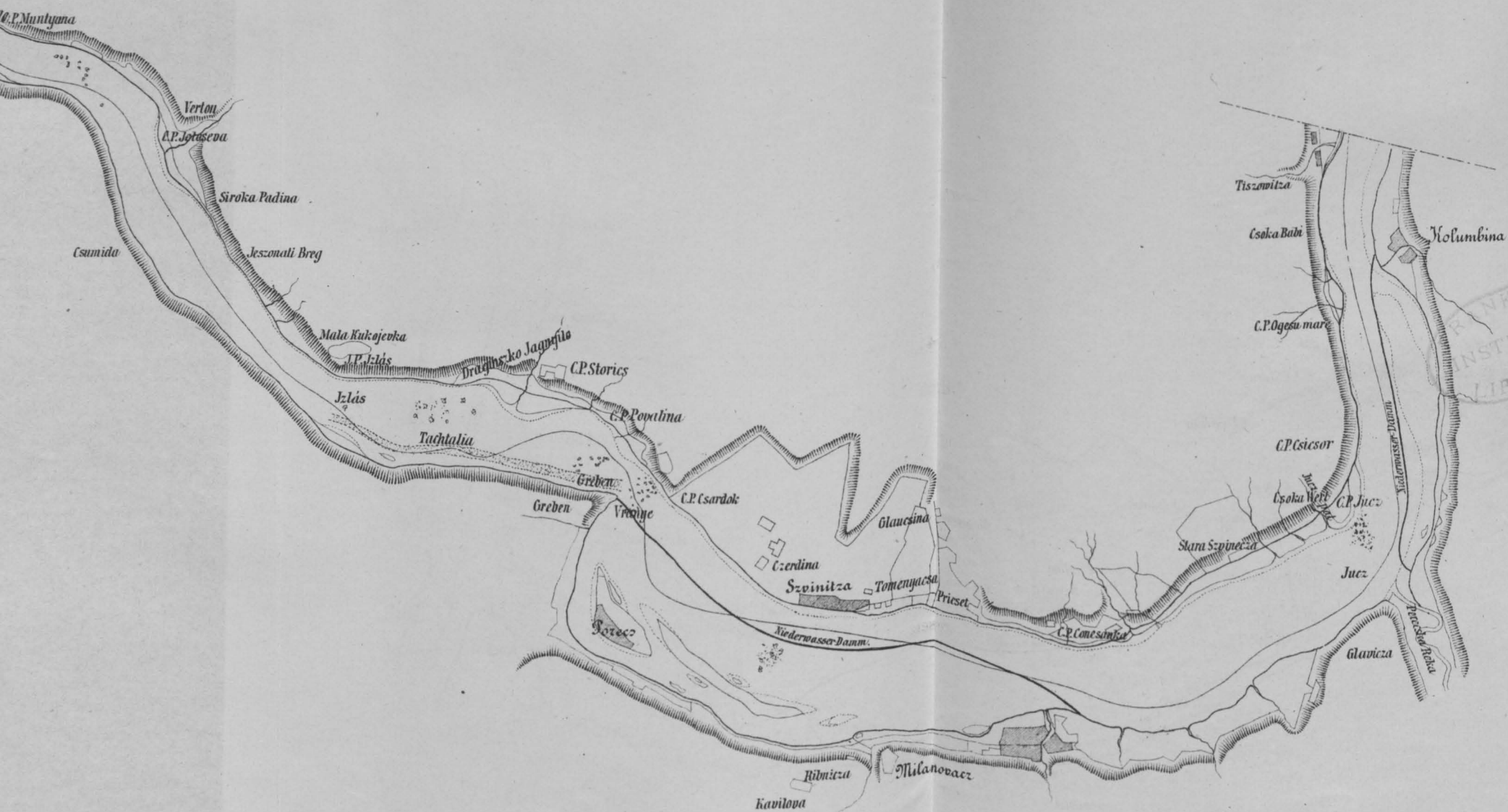
$$\frac{\Delta H}{D} = \pm \tan^2 h \Delta \phi \sqrt{\left(1 + \frac{\lambda}{L}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{L}\right)^2 + \left(\frac{V}{H + V}\right)^2} \dots 42).$$

Aus Gleichung 41) und 42) ist deutlich zu erschen, dass selbst eine geringe Lattenschwankung einen beträchtlichen Einfluss auf die tachymetrisch bestimmte Horizontal-Distanz und Höhe ausüben kann, wenn die Beschaffenheit des Terrains die Anwendung eines Universal-Nivellir-Instrumentes zur Messung grösserer Höhenwinkel, und die Umstände einen grösseren Werth des Quotienten $\frac{\lambda}{L}$ bedingen.

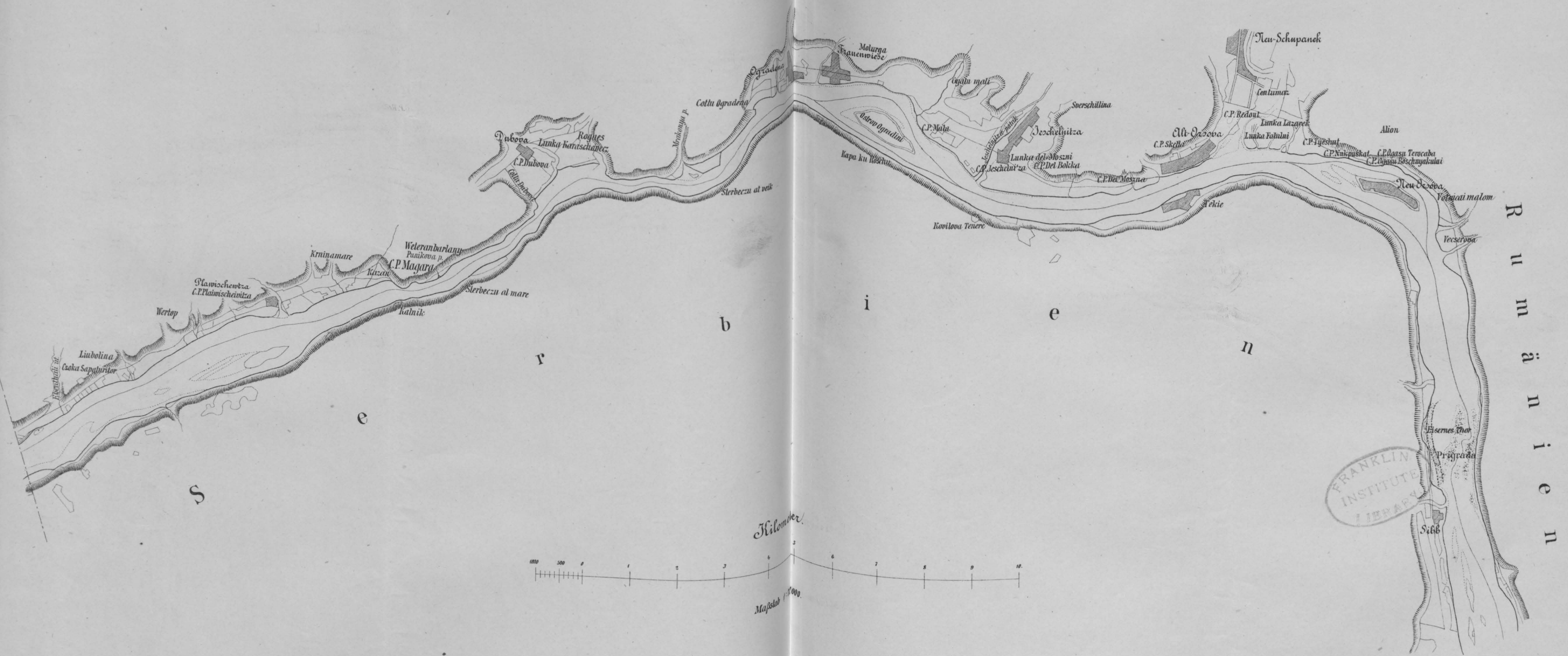
ÜBERSICHTS-KARTE DER DONAU-KATARAKTE ZWISCHEN MOLDOVA UND TURN-SEVERIN.



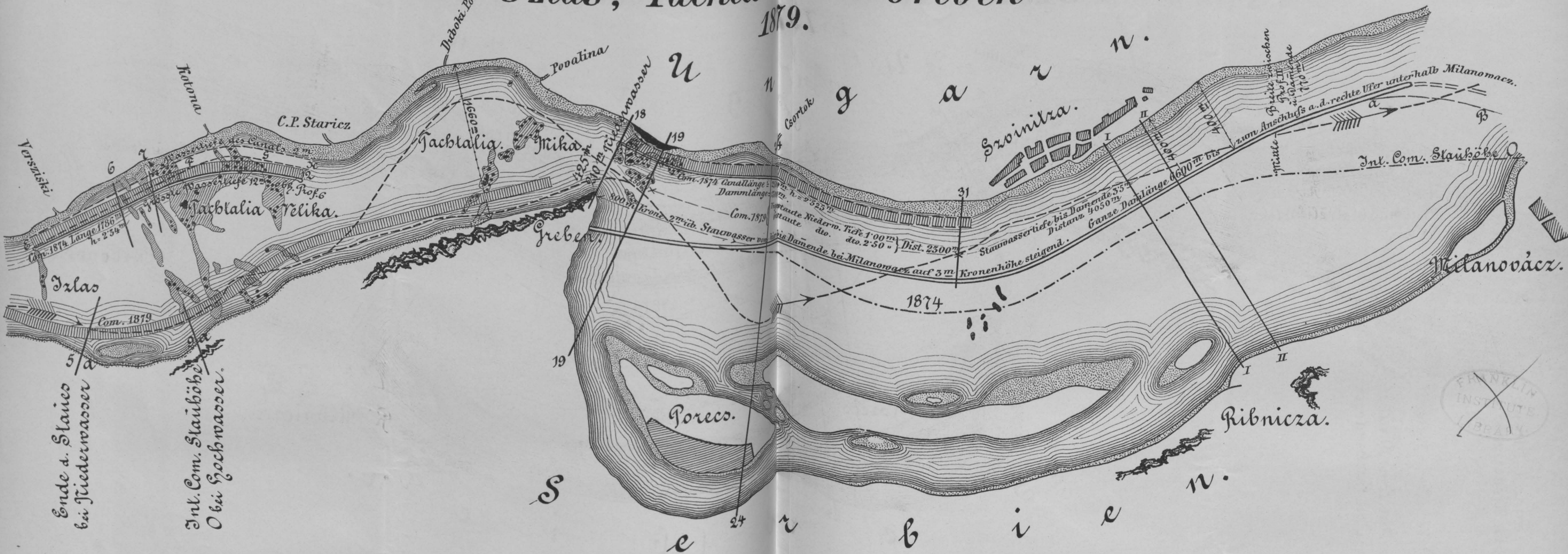
UND TURN-SEVERIN.



ÜBERSICHTS-KARTE DER DONAU-KATARAKTEN ZWISCHEN MOLDOVA UND TURN-SEVERIN.

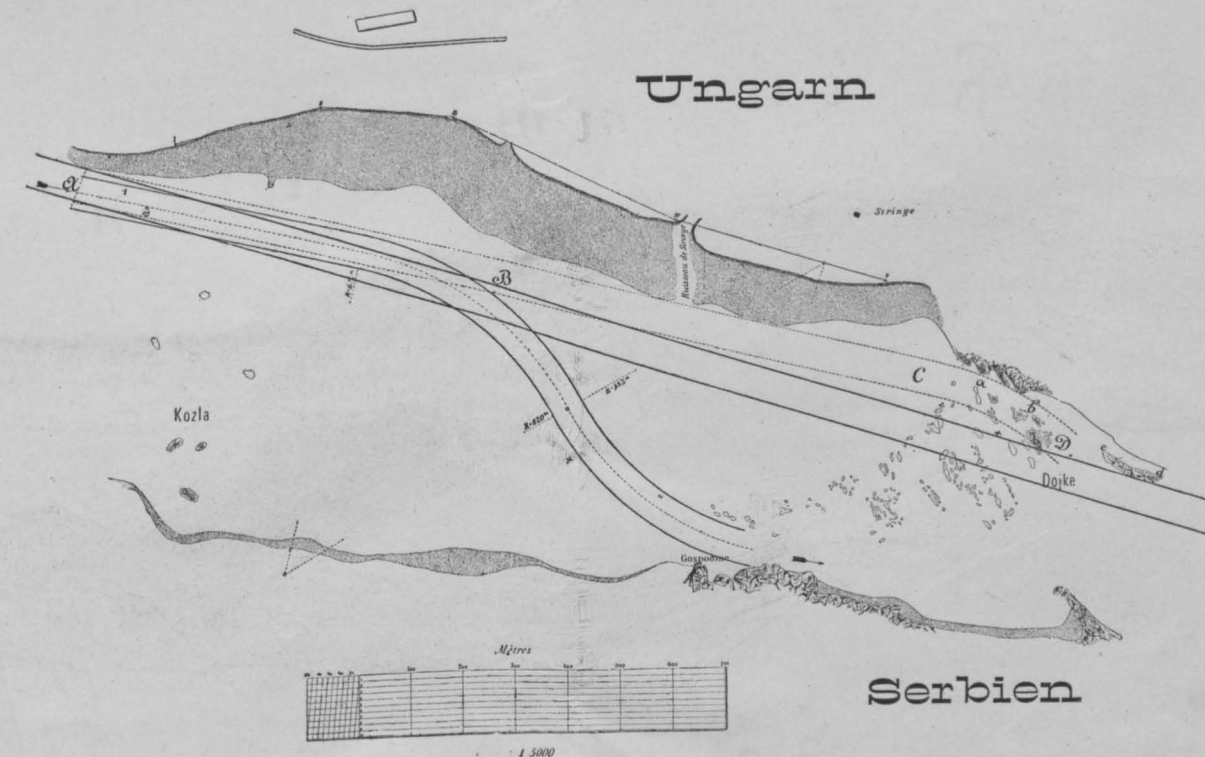
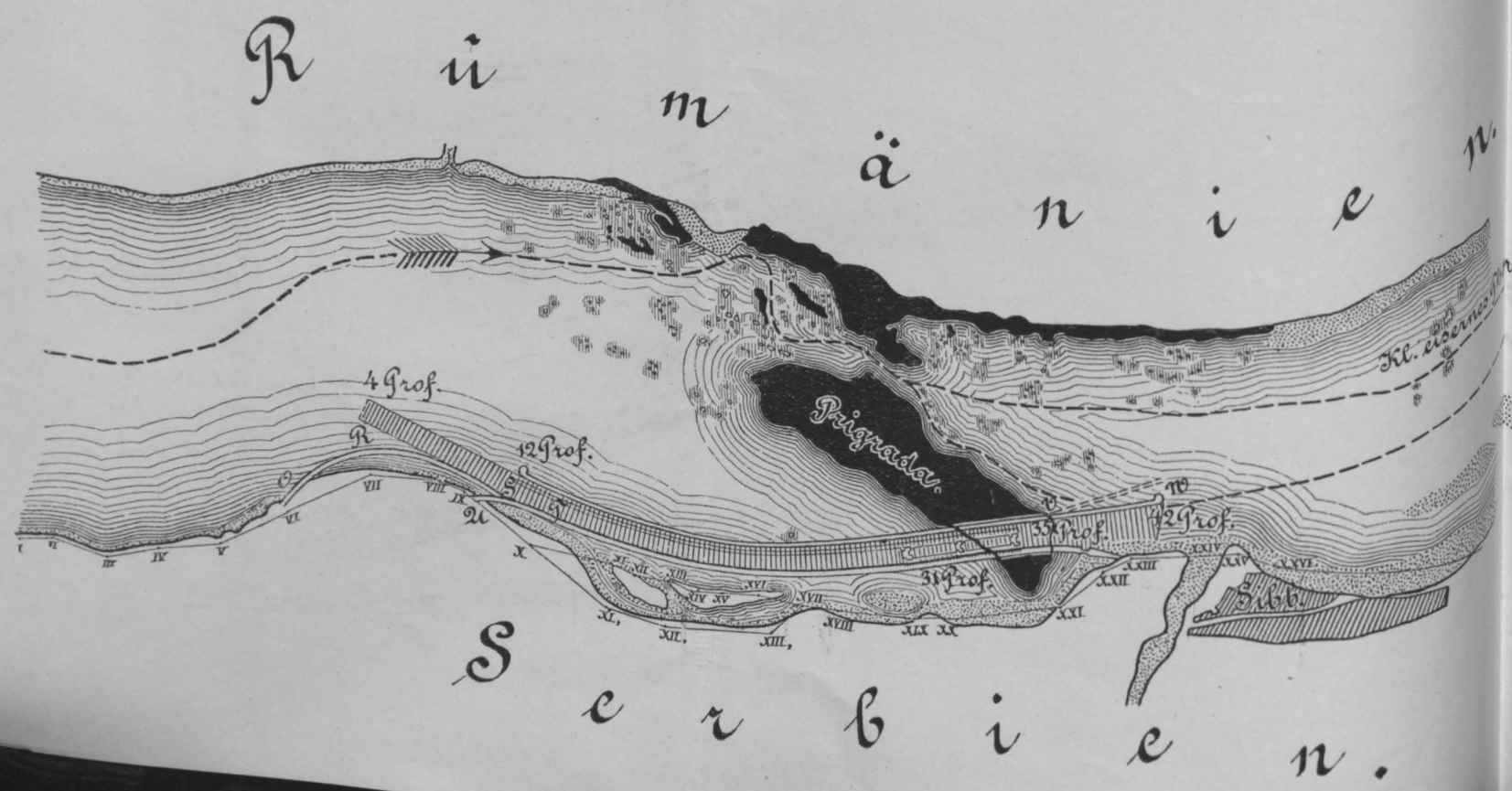


Jzlas, Tachtal und Greben 1879.

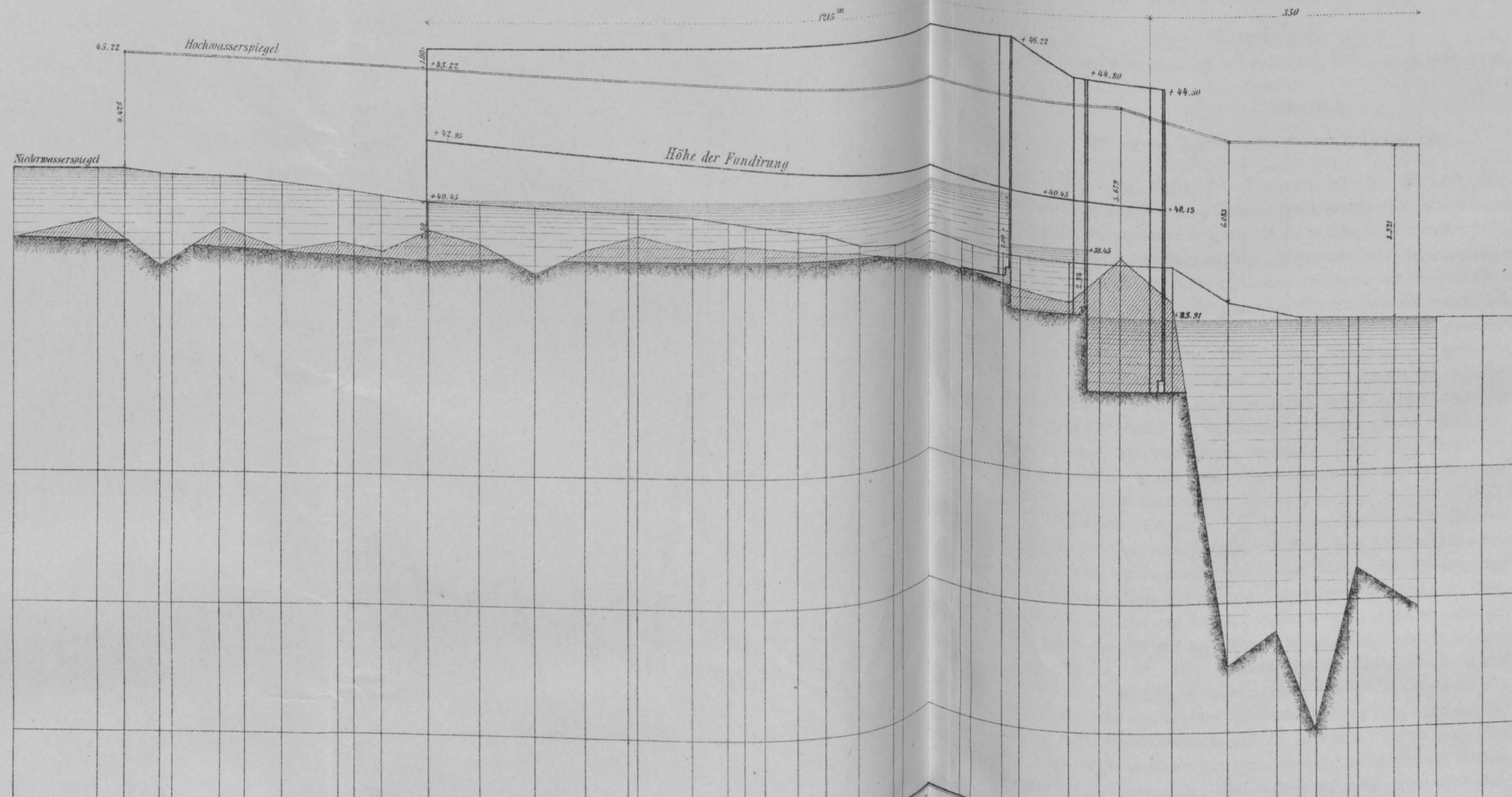


Eisernes Thor bei Orsova Project: Canal 1879.

Kozla — Dojke, Projekt 1874 und 1879.

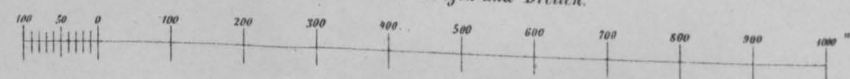


Längen-Profil

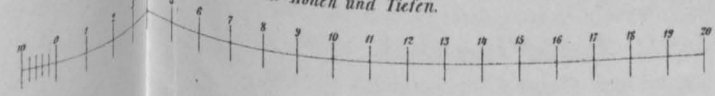


N ^o des Profils	Distanzen		Cote über dem Adriatischen Meere Nieder- wasser
	zusammen	einzel	
1	0.0	0.0	41.304
2	172.0	172.0	41.451
3	58.0	230.0	41.387
4	67.0	296.0	41.310
5	20.0	316.0	41.393
6	95.0	411.0	41.210
7	32.0	443.0	41.122
8	74.0	517.0	41.027
9	106.0	623.0	40.788
10	31.5	654.5	40.717
11	58.5	713.0	40.610
12	90.0	803.0	40.445
13	99.0	902.0	40.312
14	103.0	1005.0	40.174
15	102.0	1107.0	40.037
16	82.0	1209.0	39.955
17	18.0	1227.0	39.908
18	103.0	1330.0	39.824
19	56.7	1386.7	39.615
20	35.5	1422.2	39.537
21	38.7	1460.9	39.446
22	66.3	1527.2	39.303
23	55.7	1582.9	39.203
24	71.3	1654.2	39.109
25	81.0	1735.2	39.077
26	81.0	1816.2	39.033
27	86.0	1902.2	38.916
28	74.0	1976.2	38.803
29	37.0	2013.2	38.671
30	74.0	2087.2	38.533
31	37.0	2124.2	38.401
32	106.0	2230.2	38.258
33	58.0	2288.2	38.070
34	45.0	2333.2	38.011
35	103.0	2436.2	37.991
36	108.0	2544.2	38.617
37	101.0	2645.2	38.191
38	40.0	2685.2	38.952
39	32.0	2717.2	38.962
40	70.0	2787.2	38.928
41	17.0	2804.2	38.929
42	70.0	2874.2	38.908
43	32.0	2906.2	38.882
44	32.0	2938.2	38.866
45	94.0	3032.2	38.874
46	56.0	3088.2	38.783

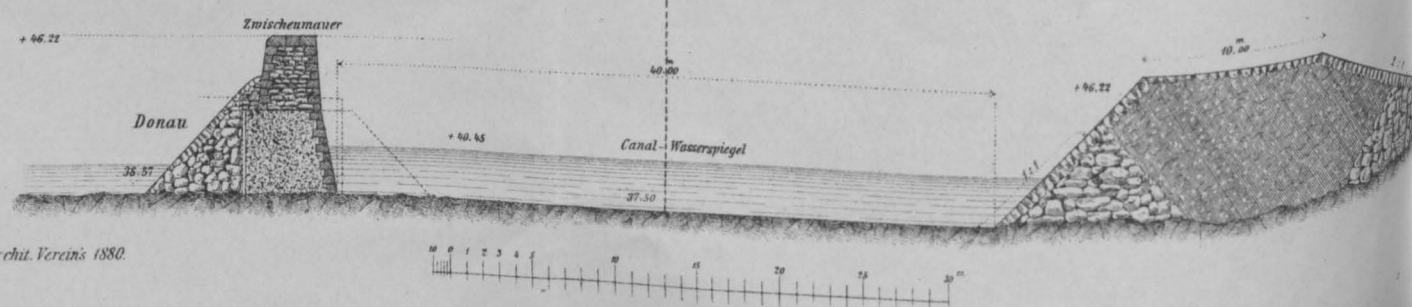
Mafsstab für die Längen und Breiten.



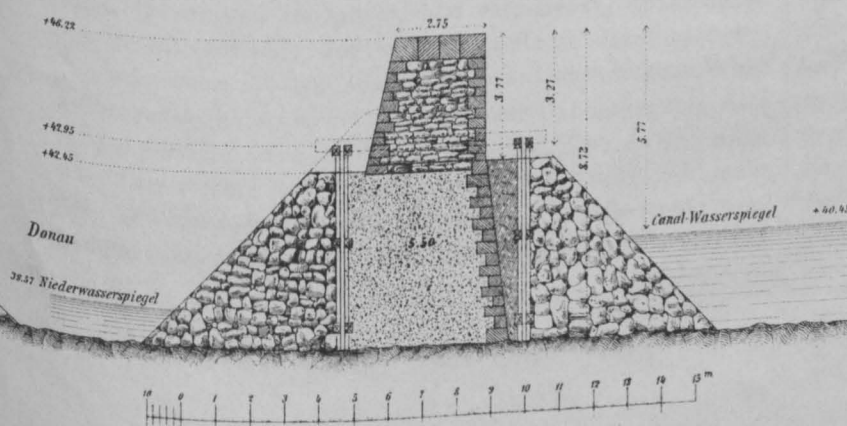
Mafsstab für die Höhen und Tiefen.



Querschnitt des Canales



Querschnitt der Zwischenmauer



Grundriss der Schienen-Anlage

